



BACHELORARBEIT

Herr
Maurizio Preußing

**Erstellung eines Steuerungs-
konzeptes einer Reinigungs-
station für Wellen**

2016

BACHELORARBEIT

Erstellung eines Steuerungs- konzeptes einer Reinigungs- station für Wellen

Autor:
Herr Maurizio Preußing

Studiengang:
Mechatronik

Seminargruppe:
ME13w1-B

Erstprüfer:
Prof. Dr.-Ing. Swen Schmeißer

Zweitprüfer:
Dipl.-Ing. Jessica Hoge

Einreichung:
Mittweida, 15.08.2016

BACHELOR THESIS

Creating a control concept of a cleaning station for shafts

author:

Mr. Maurizio Preußing

course of studies:

Mechatronics

seminar group:

ME13w1-B

first examiner:

Prof. Dr.-Ing. Swen Schmeißer

second examiner:

Dipl.-Ing. Jessica Hoge

submission:

Mittweida, 15.08.2016

Bibliografische Beschreibung:

Preußing, Maurizio: Erstellung eines Steuerungskonzeptes einer Reinigungsstation für Wellen. - 2016. - 40 S. Mittweida, Hochschule, Ingenieurwissenschaften, Bachelorarbeit, 2016

Referat:

Ziel dieser Arbeit ist die Programmierung der SPS einer Reinigungsstation für Wellen sowie die Untersuchung der Umsetzung der Maschinenrichtlinie der Europäischen Union [2006/42/EG]. Dabei wird auf die Vorüberlegungen des Praxisberichts [Preußing 2016] Bezug genommen. Die Arbeit stellt den Prozess der Programmierung einer Maschine von Entwicklung bis Fertigstellung dar.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
1 Einleitung.....	1
2 Hardware.....	2
3 Details zur Software	4
4 Umsetzung der Maschinenrichtlinie	5
4.1 Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen	6
4.1.1 Bewertung der Gefährdungen	6
4.1.2 Anforderungen an das Programm	11
4.2 Technische Unterlagen	13
4.2.1 Betriebsanleitung	13
4.2.2 Risikobeurteilung	14
4.3 Konformitätsbewertungsverfahren und EG-Konformitätserklärung	15
4.4 Weitere zutreffende Richtlinien/Gesetze	16
4.4.1 EMV-Richtlinie	16
4.4.2 Produktionssicherheitsgesetz.....	16
5 Erste Inbetriebnahme.....	18
6 Finale Umsetzung der Maschine	20
7 Sicherheits- und Funktionstests	24
7.1 Umsetzung der Risikobeurteilung.....	24
7.2 Programmablauf	31
7.2.1 Test NOT-HALT	32
7.2.2 Test Sicherheitslichtvorhang	33
7.2.3 Ventilzeiten testen.....	34
7.2.4 Test Befehl Grundstellung.....	35
7.2.5 Test Automatikmodus	36
8 Kennzeichnung der Maschine.....	37
9 Ausblick.....	40
Literaturverzeichnis	V
Anlagen.....	VII

Eigenständigkeitserklärung	VIII
---	-------------

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Allgemeiner Aufbau der Reinigungsstation.....	1
Abbildung 2: 5/2-Wegeventil.....	2
Abbildung 3: Bestimmung des benötigten PL	9
Abbildung 4: Schiene zur Schlauchführung (grün)	22
Abbildung 5: Bedienseite „Automatikmodus“	23
Abbildung 6: Sicherheitssystem Lichtvorhang.....	24
Abbildung 7: Sicherheitssystem Lichtvorhang – Auswertung	29
Abbildung 8: CE-Muster.....	37
Abbildung 9: Typenschild Reinigungsstation.....	37
Abbildung 10: Stellteile der Reinigungsstation.....	38
Abbildung 11: Kennzeichnung der Verdrahtung.....	38
Abbildung 12: Kennzeichnung der Pneumatikschläuche	39

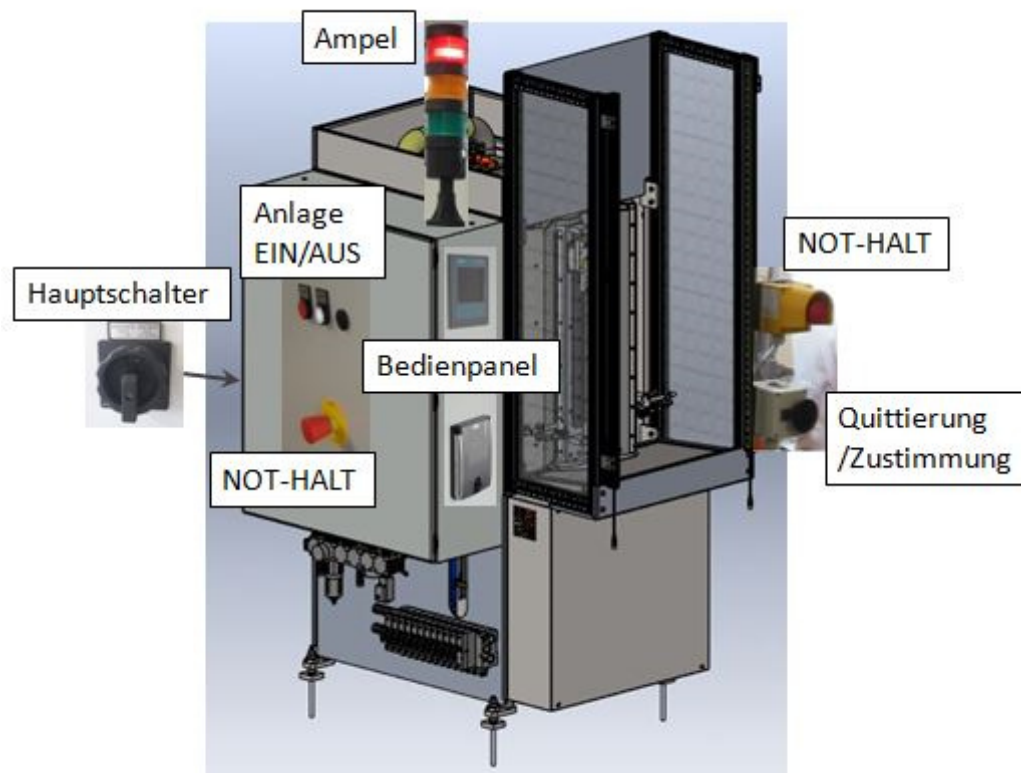
Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bestimmung des benötigten SIL – FWP	7
Tabelle 2: Bestimmung des benötigten SIL – SK.....	7
Tabelle 3: Bestimmung des benötigten SIL – Beispiel Rundtakttisch.....	8
Tabelle 4: Bestimmung des benötigten PL.....	10
Tabelle 5: Ausschnitt aus Risikobeurteilung	10
Tabelle 6: CCF Ermittlung.....	26
Tabelle 7: Bewertung der $MTTF_d$	27
Tabelle 8: Ermittlung des PL	28
Tabelle 9: Überführung PL - SIL	30
Tabelle 10: Test NOT-HALT	32
Tabelle 11: Test NOT-HALT	33
Tabelle 12: Test Befehl Grundstellung	35
Tabelle 13: Test Automatikmodus	36

1 Einleitung

Diese Arbeit knüpft an die Vorüberlegungen des Praxisberichts [Preußing 2016] (Anhang 3) an. Allerdings führt die veränderte Umsetzung der Maschine dazu, dass einige Erklärungen nicht mehr zutreffen. Eine Zusammenfassung aller relevanten Änderungen befindet sich in Kapitel 6. Der mechanische Aufbau ist grundlegend identisch mit den Angaben im Praxisbericht. Die Angaben zur Hardware werden nochmals aufgegriffen und erweitert, während das Kapitel zur Software einige Details beschreibt, welche im Praxisbericht keinen Anklang finden. Der wesentliche Inhalt dieser Arbeit ist die Auseinandersetzung mit den Forderungen der Maschinenrichtlinie der Europäischen Union und deren Umsetzung an der Reinigungsstation. Die Anlage und die Anbringung der Bedien- und Anzeigeelemente sind nachfolgend abgebildet.

Abbildung 1: Allgemeiner Aufbau der Reinigungsstation

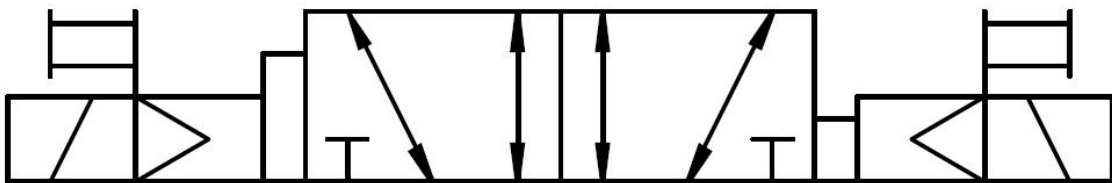


Eigene Darstellung (aus Anhang 1: Betriebsanleitung)

2 Hardware

Die Pneumatik der Station wird durch VSVA-B-D52-H-A1-1R5L Magnetventile realisiert. Es sind 5/2-Wege-Impulsventile. Dies bedeutet, dass nach Ansteuerung der Zustand des Ventils erhalten bleibt, auch wenn es nicht mehr angesteuert wird. Zusätzlich geht aus dem Pneumatikplan hervor, dass erst durch Setzen des einen Zustandes die Druckluft aus der anderen Kammer entlassen wird.

Abbildung 2: 5/2-Wegeventil



*Eigene Darstellung,
in Anlehnung an Pneumatikplan Reinigungsstation, SAV-Automation, 2016*

Die Endlagen der Ventile werden von induktiven Sensoren überprüft – insgesamt 18 Stück. Diese sind mit den zwei Digitaleingabebaugruppen SM 321 DI 32x24V DC 6ES7 321-1BL00-0AA0 verbunden. Anschließend wird die Information über den Zustand des zugehörigen Einganges an die SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP übermittelt. Die Ansteuerung der Impulsventile erfolgt über zwei ET 200eco DO 16xDC24V m. M12, 7/8“ für andere Funktionen stehen zwei Digitalausgabebaugruppen SM 322 DO 32x24V DC/0,5A 6ES7 322-1BH01-0AA0 zur Verfügung. Das macht insgesamt 8 Eingangsbytes und 12 Ausgangsbytes. Davon dienen jedoch rund 25% als Reserve. Die ET200 bietet im Vergleich zur SM 322 die Möglichkeit, zwei verschiedene Signale über ein Kabel zu schicken. Das spart Material, da jedes 5/2-Wegeventil zwei Zustände besitzt.

[vgl. Preußing 2016]

Als Sicherheitsschaltgerät dient das PNOZsigma 2n/o von PILZ. Sollte der SIRIUS NOT-HALT kein Signal zum Relais schicken, schaltet dieses sofort die Steuerspannung an allen Geräten ab. Der NOT-HALT sendet im nichtaktiven Zustand, damit im Falle eines Kabelbruchs ebenfalls die Steuerspannung ausgeschaltet wird. Somit kann auch der Motorstarter für den Rundtakttisch – der Siemens SIRIUS 3RM1302-1AA04 – nicht mehr aktiviert werden. Der Lichtvorhang *deTec4 Core* ist von SICK mit zugehörigem Sicherheitsrelais UE48-3OS. Er liefert nun einen weiteren Eingang, welcher unmittelbar anzeigt, ob das Lichtgitter offen oder geschlossen ist – unabhängig vom SICK Relais. Der Eingang, den das Relais setzt, ist null, nachdem das Lichtgitter unterbrochen wurde, auch wenn es danach wieder geschlossen wird. Quittiert man nicht vorher das Relais mit dem Zustimmungstaster, bleibt der Eingang „false“. Dies erweist sich als unpraktisch für

einige Fehleranzeigen, da man anhand dieses Einganges nicht feststellen kann, ob der Lichtvorhang dauerhaft unterbrochen wird oder nicht quittiert ist.

3 Details zur Software

Die Inhalte zum verwendeten Programm sind im Praxisbericht [Preußing 2016] (Anhang 3 - 4.2) nachzulesen. Dieses Kapitel beschäftigt sich fortführend mit den Programmbausteinen.

Die Programmbausteine, die für die Programmierung des Systems benutzt werden, sind ein zyklischer Organisationsbaustein (OB1), 5 Funktionen (FCs) und 4 Datenbausteine (DBs). Das Ausschalten der Steuerspannung führt dazu, dass die ET 200eco nicht mehr von der SPS erkannt werden, da diese via Profibus mit ihr verbunden sind. Ohne entsprechende OBs, die durch den auftretenden Diagnosealarm aufgerufen werden, würde die CPU in Stopp gehen. Deswegen wurden mehrere leere Organisationsbausteine eingefügt, um dieser Situation vorzubeugen. Im Detail OB 82, OB 83, OB 121 und OB 122. Weitere OBs, wie zum Beispiel Prozessalarme, wurden nicht verwendet, da es zu keiner Zeit nötig ist, den OB1 zu unterbrechen. Die Sicherheit wird stattdessen durch das SICK oder die PILZ PNOZ Relais gewährleistet.

Mit vier Datenbausteine werden die Variablen grob unterteilt. Die DBs gliedern die darin eingetragenen Variablen und speichern diese. Das bietet nicht nur den Vorteil der besseren Übersichtlichkeit, sondern verhindert auch, dass bei Wartungsarbeiten – durch Änderungen an den DBs – alle Werte der Variablen gelöscht werden. So ist immer nur ein Teil betroffen und eventuelle, erneute Dateneingaben sind überflüssig. Für bool'sche Variablen, welche zum Beispiel mehrere Eingänge mit der gewählten Logik zusammenfassen, nutzt man meist Merker, da die Werte periodisch aktualisiert werden und somit nicht unbedingt in einem DB gespeichert sein müssen. Mittels einer programminternen Einstellung wurde ein Merkerbyte für Taktmerker deklariert. Diese wechseln in regelmäßigen, vorgegebenen Zeiträumen ihren Zustand automatisch. Das kann zum Beispiel zum Blinken der Ampel genutzt werden.

Die Benennung der Variablen und Eintragung in die Variablentabelle erfolgte von Hand. Sie wurden weder aus Excel noch aus dem Stromlaufplan importiert. Anders als im Simatic Manager, der die Zeichenlänge der Variablen in der Variablentabelle auf 24 begrenzt, sind im TIA-Portal wesentlich mehr Zeichen möglich, nämlich 128. Trotzdem sollte man die Variablennamen angemessen kurz halten, um eine gute Lesbarkeit in der Tabelle zu gewährleisten. Die vollständige Beschreibung gemäß Stromlaufplan erfolgt in der Kommentarzeile.

4 Umsetzung der Maschinenrichtlinie

Die Reinigungsstation fällt unter den Begriff „Maschine“ und muss deshalb die Forderungen der Europäischen Maschinenrichtlinie [2006/42/EG] erfüllen. Der Begriff „Maschine“ bezeichnet:

„- eine mit einem anderen Antriebssystem als der unmittelbar eingesetzten menschlichen oder tierischen Kraft ausgestattete oder dafür vorgesehene Gesamtheit miteinander verbundener Teile oder Vorrichtungen, von denen mindestens eines bzw. eine beweglich ist und die für eine bestimmte Anwendung zusammengefügt sind;“
[2006/42/EG, Art. 2]

Die Maschinenrichtlinie beschreibt unter anderem die Voraussetzungen, die ein Hersteller erbringen muss, um eine Maschine in Verkehr zu bringen und in Betrieb zu nehmen. Gemäß Artikel 5 lässt sich folgende Liste der Anforderungen erstellen:

1. Grundlegende Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen
2. Technische Unterlagen
3. Konformitätsbewertungsverfahren
4. EG-Konformitätserklärung
5. CE-Kennzeichnung

[vgl. 2006/42/EG, Art. 5]

In diesem Kapitel wird auf ausgewählte Richtlinien eingegangen, welche auf die Reinigungsstation Anwendung finden.

4.1 Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen

Man nimmt eine „Risikobeurteilung“ der Maschine vor, „[...] *um die für die Maschine geltenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen zu ermitteln.*“ [2006/42/EG, Anhang I – *Allgemeine Grundsätze*]. Im Rahmen der Risikobeurteilung werden die Grenzen der Maschine, die bestimmungsgemäße Verwendung und die vorhersehbare Fehlanwendung bestimmt. Des Weiteren folgt die Auflistung, der durch die Maschine ausgeübten Gefährdungen und die Bewertung dieser in Abhängigkeit von Schwere und Wahrscheinlichkeit möglicher Verletzungen. Im Anschluss findet die Risikominderung statt. Sie wird in dieser Rangfolge durchgeführt:

1. Beseitigung oder Minimierung des Risikos in Konstruktion und Aufbau der Maschine
2. Schutz vor Risiken, die sich nicht beseitigen lassen
3. Instruktionen an den Bediener

[vgl. 2006/42/EG, Anhang I - 1.1.2]

4.1.1 Bewertung der Gefährdungen

Zur Bewertung der Gefährdungen besteht die Wahl zwischen zwei Bewertungsverfahren. Das erste nach EN 62061 in dem ein „Sicherheitsintegritäts-Level (SIL)“ bestimmt wird und das zweite nach EN ISO 13849-1 liefert ein „Performance Level (PL)“. [vgl. Siemens 2010]

Für die Risikobeurteilung wurde aus Gründen der Aktualität das Verfahren nach EN ISO 13849-1 genutzt.

Ermittlung des benötigten Sicherheitsintegritäts-Levels

Um das SIL zu erhalten, bestimmt man die Werte für Häufigkeit, Eintrittswahrscheinlichkeit und Möglichkeit der Vermeidung aus nachfolgender Tabelle.

Tabelle 1: Bestimmung des benötigten SIL – FWP

Häufigkeit und/oder Aufenthaltsdauer F		Eintrittswahrscheinlichkeit des Gefährdungsereignisses W		Möglichkeit der Vermeidung P	
≤ 1 Std.	5	sehr hoch	5		
> 1 Std. bis ≤ 1 Tag	5	wahrscheinlich	4		
> 1 Tag bis ≤ 2 Wo.	4	möglich	3	unmöglich	5
> 2 Wo. bis ≤ 1 Jahr	3	gering	2	möglich	3
> 1 Jahr	2	vernachlässigbar	1	wahrscheinlich	1

*Eigene Darstellung,
in Anlehnung an [Siemens 2010]*

Anschließend werden diese drei Werte addiert. Die Summe entspricht der Klasse. Mit ihr begibt man sich zu Tabelle 2. Mit dem Schadensausmaß der betrachteten Gefährdung ergibt sich dann das zugehörige SIL. [vgl. Siemens 2010]

$$K = F + W + P$$

[vgl. Siemens 2010]

Tabelle 2: Bestimmung des benötigten SIL – SK

Schadensausmaß S		Klasse K				
		3-4	5-7	8-10	11-13	14-15
Tod, Verlust von Auge oder Arm	4	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3
Permanent, Verlust von Fingern	3			SIL 1	SIL 2	SIL 3
Reversibel, medizinische Behandlung	2				SIL 1	SIL 2
Reversibel, Erste Hilfe	1					SIL 1

*Eigene Darstellung,
in Anlehnung an [Siemens 2010]*

Beispiel Drehung Rundtakttisch

Die Drehung des Rundtakttisches könnte zum Verlust von Fingern führen, weshalb Schadensausmaß 3 angenommen wird ($S=3$). Zudem findet diese Bewegung bei jedem Drücken des Startknopfes statt, also mehrmals pro Stunde ($F=5$). Die Wahrscheinlichkeit, dass man während des Automatikbetriebs noch die Hand im Drehbereich des Tisches hat, wenn man diesen startet, ist sehr hoch ($W=5$). Es kann allerdings durch Zuhilfenahme eines Lichtvorhangs abgesichert werden ($P=3$).

$$K = 5 + 5 + 3 = 13$$

Tabelle 3: Bestimmung des benötigten SIL – Beispiel Rundtakttisch

Schadensausmaß S		Klasse					K
		3-4	5-7	8-10	11-13	14-15	
Tod, Verlust von Auge oder Arm	4	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3	
Permanent, Verlust von Fingern	3			SIL 1	SIL 2	SIL 3	
Reversibel, medizinische Behandlung	2				SIL 1	SIL 2	
Reversibel, Erste Hilfe	1					SIL 1	

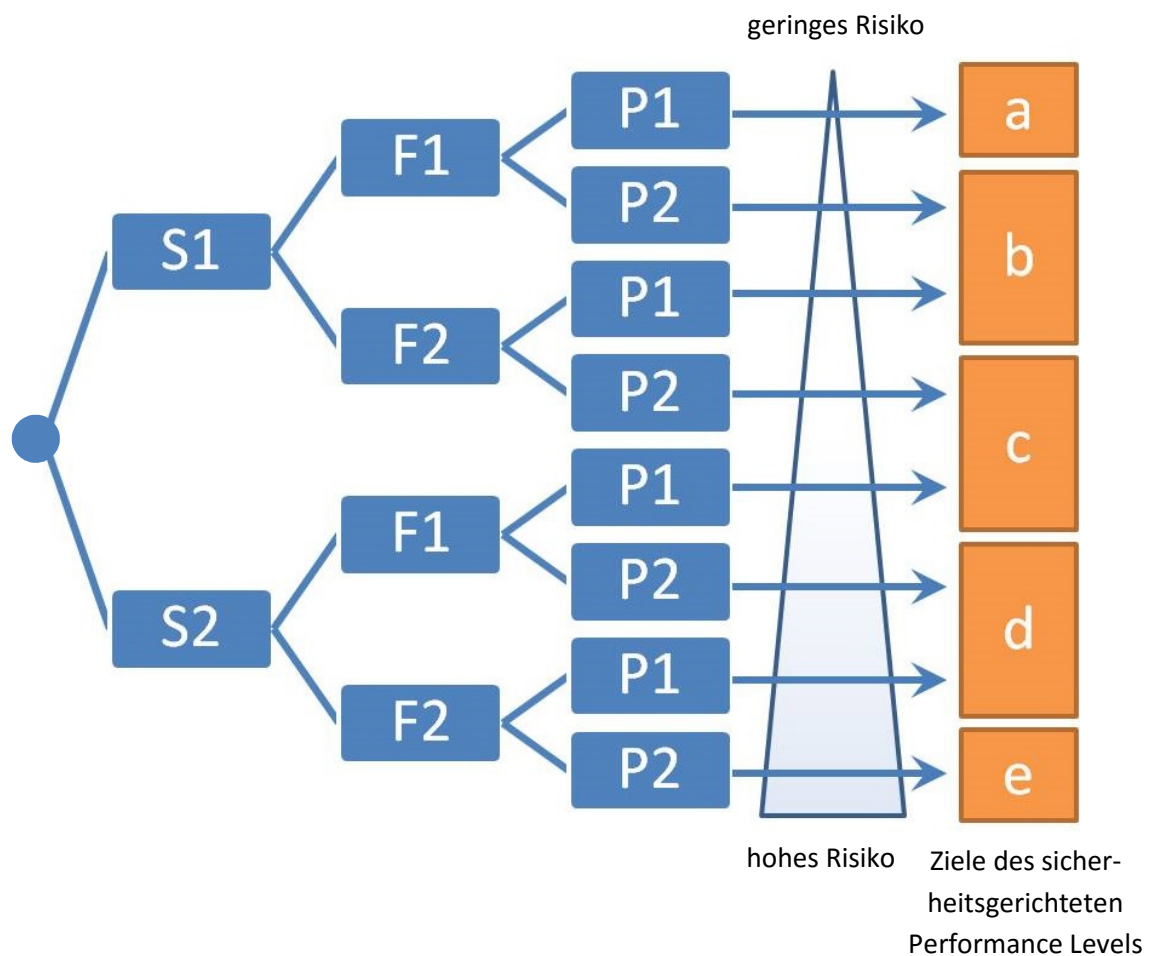
*Eigene Darstellung,
in Anlehnung an [Siemens 2010]*

Das sich ergebende Sicherheitsintegritätslevel, mit dem die Gefährdung durch die Drehung des Rundtakttisches abgesichert werden muss, ist SIL 2.

Ermittlung des benötigten Performance Levels

Das PL erhält man, indem die abgebildete Struktur von links nach rechts verfolgt wird. An jeder Abzweigung fällt eine Entscheidung zwischen den beiden möglichen Varianten (zusehen in Tabelle 4). Zunächst über die Schwere der Verletzung, dann über die Häufigkeit des Auftretens und schlussendlich über die Möglichkeit der Vermeidung. Es ergibt sich das benötigte Performance Level.

Abbildung 3: Bestimmung des benötigten PL



*Eigene Darstellung,
in Anlehnung an [Siemens 2010]*

Tabelle 4: Bestimmung des benötigten PL

Schwere der Verletzung	S1	leichte (üblicherweise reversible) Verletzung
	S2	schwere (üblicherweise irreversible) Verletzung, einschließlich Tod
Häufigkeit und/oder Aufenthaltsdauer der Gefährdungsaussetzung	F1	selten bis öfter und/oder Zeit der Gefährdungsaussetzung ist kurz
	F2	häufig bis dauernd und/oder Zeit der Gefährdungsaussetzung ist lang
Möglichkeit zur Vermeidung der Gefährdung oder Begrenzung des Schadens	P1	möglich unter bestimmten Bedingungen
	P2	kaum möglich

*Eigene Darstellung,
in Anlehnung an [Siemens 2010]*

Beispiel Drehung Rundtakttisch

Die Vorüberlegungen für die PL-Ermittlung sind die gleichen, wie im Beispiel zur SIL-Bestimmung. Folgt man dem Pfad von S2 über F2 zu P1 ergibt sich das benötigte Performance Level d. Auf diesem Weg wurden alle weiteren Gefährdungen eingestuft und in der Risikobeurteilung protokolliert.

Tabelle 5: Ausschnitt aus Risikobeurteilung

Lebensphase	Gefahrensituation	Risiko/Gefahr	Ereignis oder Schutzziel	Risikoeinschätzung			
				S	F	P	PL _r
2, 3, 4	Drehung des Rundtakttisches	Quetschen, Abscheren, Fangen	Quetschungen der Hände durch Drehung des Rundtakttisches	2	2	1	d

Eigene Darstellung (aus Anhang 2: Risikobeurteilung)

4.1.2 Anforderungen an das Programm

Dieser Abschnitt geht auf relevante Anforderungen an Sicherheit und Gesundheit, sowie deren Umsetzung im SPS-Programm ein. Diese sind nach Punkten der Maschinenrichtlinie gegliedert. Es ist anzunehmen, dass die größte Gefährdung des Bedieners vom Rundtaktisch ausgeht. Andere Gefährdungen spielen eine geringere Rolle, da die Schutzumhausung das Hineingreifen in andere bewegliche Teile verhindert und die Gefahren durch anliegende Spannungen in diesem Fall nicht durch die Software verringert werden können (siehe Anhang 2: Risikobeurteilung). Daraus schlussfolgernd ist das Hauptaugenmerk auf die Drehung des Tisches zu richten, wenn im nachfolgenden Abschnitt „Gefährdungen“ thematisiert werden.

„Die Maschine ist so zu konstruieren und zu bauen, dass [...] unter Berücksichtigung einer vernünftigerweise vorhersehbaren Fehlanwendung der Maschine — Betrieb, Einrichten und Wartung erfolgen kann, ohne dass Personen einer Gefährdung ausgesetzt sind.“

[2006/42/EG, Anhang I – 1.1.2 a]

Abgesehen vom Hineingreifen in den Bewegungsbereich des Rundtaktisches werden im Programm noch weitere mögliche Fehlanwendungen berücksichtigt, welche allerdings keine Gefährdung der Gesundheit des Bedieners nach sich ziehen. Um einer Beschädigung der Maschine vorzubeugen, ist es nicht möglich, den Rundtaktisch zu drehen, wenn dieser mit anderen Maschinenteilen – wie einer ausgefahrenen Blaslanze – kollidieren würde. Aus demselben Grund wird umgekehrt verhindert, diese Teile auszufahren, während sich der Rundtaktisch nicht in Grundposition befindet. Welche Ventile genau betroffen sind, ist in *Anhang 1, S. A-6, Tabelle 1-4* nachzulesen. Die Teileerkennung dient nicht nur dazu, dem Nutzer anzuzeigen, ob sich Werkstücke in den Stationen befinden, sondern auch zur Sicherstellung, dass die Blaslanzen nur beabsichtigt zum Prozess hinzugefügt werden. Bevor die Auswahl ermöglicht wird, muss der Rundtaktisch komplett leergefahren sein, damit sich keine ungeeigneten Werkstücke in der Maschine befinden. Werden danach trotzdem falsche eingesetzt, führt dies zur Kollision der Blaslanze mit den Wellen, da zur Prüfung der Art des Werkstücks kein Sensor vorhanden ist.

„— die Parameter der Maschine dürfen sich nicht unkontrolliert ändern können, wenn eine derartige unkontrollierte Änderung zu Gefährdungssituationen führen kann;“

[2006/42/EG, Anhang I – 1.2.1]

Wechsel der Parameter – unkontrolliert oder nicht – stellen keine Gefährdung dar. Unabhängig aller Einflüsse auf das System schaltet das SICK Sicherheitsrelais im Notfall sofort die Steuerspannung des Motorstarters für den Rundtaktisch ab, sodass es zu keiner unkontrollierten, gefährlichen Bewegung kommen kann.

„— das Stillsetzen der Maschine darf nicht verhindert werden können, wenn der Befehl zum Stillsetzen bereits erteilt wurde;“

[2006/42/EG, Anhang I – 1.2.1]

Das „Stillsetzen“ der Maschine kann nicht unterbrochen werden, denn es erfolgt durch Abschalten der Steuerspannung, was einem NOT-HALT entspricht. Würde man die Maschine ohne Unterbrechung abschalten wollen, müsste man warten, bis die Bewegung oder der Zyklus beendet ist und schaltet danach die Steuerspannung aus. Auf diesem Weg muss die Maschine bei erneuter Inbetriebnahme nicht erst in Grundstellung fahren.

„Das Ingangsetzen einer Maschine darf nur durch absichtliches Betätigen einer hierfür vorgesehenen Befehlseinrichtung möglich sein.“

[2006/42/EG, Anhang I – 1.2.3]

Das Ingangsetzen erfolgt durch Einschalten des Schalters „Steuerspannung EIN“ am Schaltschrank und (je nach Betriebsart) einem Befehl am Panel oder durch Drücken des Quittierungstasters. Durch alleiniges Einschalten der Steuerspannung können keine Prozesse gestartet werden. Bei Unterbrechung des Lichtvorhangs während der Drehung des Rundtaktisches, unterbricht die Steuerung den Prozess. Die Steuerspannung wird aber nicht abgeschaltet. Das System setzt sich erst bei Eingang des nächsten Befehls wieder in Gang. (siehe 7.2.1 Test NOT-HALT)

„Ein Ausfall der Energieversorgung der Maschine, eine Wiederherstellung der Energieversorgung nach einem Ausfall oder eine Änderung der Energieversorgung darf nicht zu gefährlichen Situationen führen.“

[2006/42/EG, Anhang I – 1.2.6]

Störungen der Energieversorgung bleiben ohne gefährliche Folgen, da ein Ausfall grundsätzlich den NOT-HALT widerspiegelt und beim Wiedereinschalten der Steuerspannung, wie gerade erläutert, keine Gefährdung vorliegt.

4.2 Technische Unterlagen

Die technischen Unterlagen, die nach Fertigstellung der letzten Einheit der Maschine mindestens 10 Jahre bereitliegen müssen, sind in der Maschinenrichtlinie [2006/42/EG, Anhang VII – A1a] nachzulesen. Im Rahmen der Bachelorarbeit werden davon ein Teil der Betriebsanleitung und die Risikobeurteilung erstellt (siehe Anhang 1 bzw. 2). Dabei wurde sich in Text und Form an anderen Betriebsanleitungen und Risikobeurteilungen ähnlicher Projekte der SAV-Automation orientiert. Es ist darauf zu achten, das allgemeine Layout der Firma einzuhalten, damit die Zusammensetzung der einzelnen Elemente erleichtert wird.

4.2.1 Betriebsanleitung

Zur Erstellung der Betriebsanleitung gibt die Maschinenrichtlinie einige Grundsätze vor. Unter anderem soll die Anleitung in der Amtssprache des Landes sein, in dem die Maschine in Verkehr gebracht wird [vgl. 2006/42/EG, Anhang I – 1.7.4]. Laut Produktsicherheitsgesetz ist sie in deutscher Sprache mitzuliefern [vgl. ProdSG 2011, §3 (4)].

Ebenso, wie bei der Risikobeurteilung soll die „bestimmungsgemäße Verwendung der Maschine“ erläutert werden. Des Weiteren erfolgt eine allgemeine Beschreibung der Maschine und des Arbeitsplatzes. Hinweise werden zu Fehlanwendungen der Maschine, Inbetriebnahme und Einarbeitung gegeben. Außerdem geht die Betriebsanleitung auf die Schutzmaßnahmen, die Restrisiken und auf das Verhalten bei Unfällen oder Störungen ein. [vgl. 2006/42/EG, Anhang I – 1.7.4.2]

Sie setzt sich aus mehreren Bereichen zusammen. Zum einen aus den technischen Daten und konstruktiven Hinweisen, wie Transport und Montage, zum anderen aber auch aus der Bedienung und Fehlerdiagnose. Schlussendlich handeln noch zwei Kapitel von der Wartung und der Entsorgung der Maschine. Im Rahmen des Bachelorprojektes werden für die Betriebsanleitung die Kapitel „Bedienung“ und „Fehlerdiagnose und Fehlerbeseitigung“ ausgearbeitet. Grundlegend wird dabei auf die verschiedenen Funktionen der Schaltflächen in den Bedienfenstern eingegangen und auf die Erkennung möglicher Fehler und deren Beseitigung.

4.2.2 Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung enthält eine Liste aller möglichen Gefahrensituationen und deren Risikoeinschätzung nach EN ISO 13849-1 sowie aller Maßnahmen, die gegen die Gefährdungen unternommen wurden. Um die räumlichen Grenzen der Maschine zu bestimmen, muss festgelegt werden, ob die Maschine auch außerhalb einer Werkhalle verwendet werden kann und inwieweit deren Einzelteile vom Bediener abgegrenzt sind. Die zeitlichen Grenzen der Maschine werden spätestens vom Proof-Test-Intervall vorgegeben. Dieser beträgt bei allen sicherheitsrelevanten Bauteilen 20 Jahre (vgl. Datenblätter Abbildung 6). Der Betrieb empfiehlt jedoch spätestens nach Ablauf von 10 Jahren, die Maschine einer Generalüberholung unterziehen zu lassen.

(vgl. Anhang 2: Risikobeurteilung)

Die abschließende Risikobeurteilung ergab, dass alle Gefahrensituationen auf ein vertretbares Restrisiko minimiert werden konnten.

4.3 Konformitätsbewertungsverfahren und EG-Konformitätserklärung

Gemäß [2006/42/EG, Art. 12 – (2)] hat der Hersteller die im Anhang VIII aufgeführten Bedingungen zu erfüllen. Dazu zählen, alle technischen Unterlagen bereitzustellen und zu gewährleisten, „[...] dass die hergestellten Maschinen mit den [...] technischen Unterlagen übereinstimmen und die Anforderungen dieser Richtlinie erfüllen.“ [2006/42/EG, Anhang VII].

Des Weiteren ist eine EG-Konformitätserklärung vom Betrieb einzureichen, in welcher er versichert, sich an die Richtlinien der EU gehalten zu haben. [2006/42/EG, Anhang II]

Die CE-Kennzeichnung der Reinigungsstation ist in Kapitel 8 beschrieben.

4.4 Weitere zutreffende Richtlinien/Gesetze

Gemäß [2006/42/EG, Art. 5 – (4)], muss die Maschine auch anderen Richtlinien entsprechen, die eine CE-Kennzeichnung fordern. Dazu zählen in diesem Fall die EMV-Richtlinie der Europäischen Union und das Produktionssicherheitsgesetz Deutschlands.

4.4.1 EMV-Richtlinie

Laut der Richtlinie über die elektromagnetische Verträglichkeit gilt diese für alle fertigen Apparate, die „[...] *elektromagnetische Störungen verursachen [können] oder [...] deren Betrieb durch elektromagnetische Störungen beeinträchtigt werden kann*,“ [2014/30/EU, Art. 3]. Die Forderung besteht darin, dass nach dem Stand der Technik die Geräte so entworfen werden, dass sie keinen Störpegel überschreiten oder durch andere Betriebsmittel mit zu erwartendem Störpegel beeinflusst werden. [vgl. 2014/30/EU]

Im Zeitraum der Bachelorarbeit wurde keine Überprüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit vorgenommen.

4.4.2 Produktionssicherheitsgesetz

„Dieses Gesetz gilt, wenn im Rahmen einer Geschäftstätigkeit Produkte auf dem Markt bereitgestellt, ausgestellt oder erstmals verwendet werden.“
[ProdSG 2011, §1]

Im Allgemeinen schreibt dieses Gesetz vor, dass ein Produkt nur auf dem Markt bereitgestellt werden darf, wenn die Sicherheit und Gesundheit von Personen oder Rechtsgütern nicht gefährdet werden. Bei Beurteilung dessen sind die Eigenschaften des Produkts in seinen unterschiedlichen Lebensphasen und die Einwirkungen auf andere Produkte zu berücksichtigen. Außerdem zu beachten, sind dabei die Aufmachung, die Kennzeichnung, die technischen Angaben zum Produkt und die Gruppen von Benutzern, *„die bei der Verwendung [...] stärker gefährdet sind als andere“*. [ProdSG 2011, §3]. [vgl. ProdSG 2011]

Bei der Beurteilung kann auf harmonisierte Normen zurückgegriffen werden. Im Falle der Reinigungsstation trifft das auf die Maschinenrichtlinie der Europäischen Union zu. Wenn die Maschine diese Richtlinien erfüllt, entspricht sie höchstwahrscheinlich auch dem Produktionssicherheitsgesetz, was durch Analyse der „Allgemeinen Anforderungen“ bestätigt wird. [vgl. ProdSG 2011, §4]

Des Weiteren muss das laut diesem Gesetz geforderte GS-Zeichen nicht zuerkannt werden, wenn das fertige Produkt eine CE-Kennzeichnung erhält und die Anforderungen an die CE-Kennzeichnung mindestens gleichwertig mit denen des GS-Zeichens sind. [vgl. ProdSG 2011, §20]

CE und GS-Kennzeichnung verlangen beide die „Gewährleistung des Schutzes von Sicherheit und Gesundheit von Personen“ bzw. diese nicht zu gefährden, wodurch sie gleichwertig sind. Außerdem fordern beide, dass die „verwendungsfertigen Produkte mit dem geprüften Baumuster übereinstimmen“. Für die Maschinenrichtlinie der Europäischen Union wird eine „EG-Baumusterprüfung“ verlangt, die aber nur für ausgewählte Maschinen gilt [vgl. 2006/42/EG, Anhang IV]. Für die Reinigungsstation ist diese Prüfung nicht nötig. Es gilt weiterhin: *„Der Hersteller muss alle erforderlichen Maßnahmen ergreifen, damit durch den Herstellungsprozess gewährleistet ist, dass die hergestellten Maschinen mit den [...] technischen Unterlagen übereinstimmen [...]“* [2006/42/EG, Anhang VIII].

[vgl. 2006/42/EG und ProdSG 2011]

5 Erste Inbetriebnahme

Bevor die Tests des SPS-Programms durchgeführt werden können, müssen erst einige Voreinstellungen getroffen und Grundfunktionen überprüft werden. Zu allererst erfolgt die Einstellung der Leistungsschalter der Motoren, um diese vor Überspannung zu schützen. Die Werte dafür entnimmt man dem entsprechenden Typenschild des Motors oder dem Stromlaufplan. Wenn die Maschine wenigstens teilweise lauffähig ist, kann die Prüfung der SPS-Eingänge stattfinden. Liegen die Zustände eines Ventils nicht vor, ist die Ursache meist ein nicht genau kalibrierter Sensor oder fehlende Verdrahtungen. Wird kein Signal empfangen, obwohl die Kontrolllampe des Sensors zeigt, dass eines gesendet wird, liegt das Signal wahrscheinlich auf einem anderen Eingang als im Programm vorgesehen. Dies trat öfter auf und wies damit auf einen Fehler im Stromlaufplan hin. Ähnlich verhält es sich mit den Ausgängen der SPS. Erzielt der gesetzte beziehungsweise rückgesetzte Ausgang nicht das gewünschte Ergebnis, stimmt entweder die Belegung nicht oder die Rahmenbedingungen sind nicht gegeben (beispielsweise Motorschutzschalter).

Für die Einstellung der Ventile ist ein separater Programmteil entworfen worden, da es sich als unpraktisch erwies, die Ausgänge nicht direkt setzen zu können. Es ist zum Beispiel nicht möglich eine Blaslanze auszufahren, wenn sich der Rundtakttisch nicht auf dem passenden Nocken befindet. Dadurch werden Kollisionen durch Fehleingaben vermieden. Jedoch war zum Stand der Kalibrierung der Sensoren der Rundtakttisch noch nicht eingebaut und stellte somit kein Hindernis dar. Das eigentliche Programm wurde außer Kraft gesetzt, sodass alle Ausgänge unabhängig der Eingänge angesteuert werden konnten. Nach Abschluss der Kalibrierungen wurde das Programm zum direkten Setzen der Ausgänge wieder entfernt, da mit eingebautem Rundtakttisch durch Fehleingaben Schäden entstanden wären. Durch die direkte Ansteuerung der Ventile war es möglich, sie grob zu kalibrieren, sodass ein möglichst „sanftes“ Ein- und Ausfahren erreicht wurde.

Vor dem ersten Testen des Automatikbetriebes wurde auch die NOT-HALT Funktion überprüft, um die Maschine im Ernstfall in Stillstand versetzen zu können. Außerdem sollten alle Funktionen – möglichst genau – mit dem Einrichtbetrieb nachgestellt werden. Es stellte sich heraus, dass die Druckluftdüsen horizontal zu nah an die Welle führen und bei der Vertikalbewegung mit den Nocken kollidierten. Aus diesem Grund wurde ein Anschlag eingefügt, der das verhinderte. Ein anderes Problem fand sich in der Schlauchführung des Seitenkanalverdichters, welche nach kurzer Zeit zu Schäden am Druckluftschlauch führte. Deshalb durfte der Seitenkanalverdichter für die ersten Tests des Automatikbetriebs nicht angesteuert werden, da die nötige Schlauchführung für diesen noch nicht funktionsfähig umgesetzt werden konnte. Wie bereits im Praxisbericht (Anhang 3 – A48) vermutet, war es nötig, einige Timer anzupassen und hinzuzufügen, bevor der Automatikbetrieb funktionierte.

6 Finale Umsetzung der Maschine

Die tatsächliche Umsetzung der Reinigungsstation erfolgte nicht immer so, wie sie in den Vorüberlegungen angenommen wurde. Deshalb war es an einigen Punkten erforderlich, Änderungen vorzunehmen, welche teilweise auch den Programmcode betrafen.

Nicht nur neu hinzugefügte Eingänge machten es notwendig, die Variablentabelle anzupassen. Es gab auch gravierende Unterschiede zwischen der Belegung der ET 200eco und der tatsächlichen Verdrahtung. Die betroffenen Ausgänge wurden schließlich im Programm auf die richtige Adresse verwiesen, ebenso wie einige Eingänge, bei denen aber meist lediglich die Zustände „eingefahren/ausgefahren“ vertauscht waren.

Die Sicherheitsfunktion des Lichtvorhangs wurde schlussendlich anders realisiert, als im Praxisbericht angenommen. Dort hieß es, „[...] dass die Auslösung [des Lichtvorhangs] sofort zum Abschalten der Steuerspannung führt.“ [Preußing 2016, S. 6]. Doch wie sich im Stromlaufplan herausstellte, schaltete diese nur das Ausgangsbyte mit dem Ausgang „Bremsen_Lösen“ aus. Das führte zur Gefährdung, weil zeitgleich der Rundtaktmotor immer noch angesteuert werden konnte und der Motor in diesem Fall den Tisch trotz angezogener Bremse drehte. Die Steuerspannung darf dabei aber auch nicht komplett abgeschaltet werden, da das Wechseln der Werkstücke während der Reinigung zum Abbruch führen würde. Die neue Verschaltung hält den Rundtaktmotor sofort an, wenn der Lichtvorhang unterbrochen wird. Dies wurde durch Zuordnung der Ausgänge der Bewegung des Rundtaktmotors zum Ausgangsbyte mit „Bremsen_Lösen“ ermöglicht. Ist der Lichtvorhang unterbrochen, wird die Steuerspannung von diesem Byte abgeschaltet. Sie liegt erst nach Quittierung wieder an. Zusätzlich findet weiterhin vor Drehung des Rundtaktmotors die Abfrage statt, ob der Lichtvorhang geschlossen ist.

Die Untersuchung der Maschine im Hinblick auf die Maschinenrichtlinie ergab, dass der Schlüsselschalter, welcher den Einrichtbetrieb ermöglichen und den Lichtvorhang überbrücken sollte, nicht den Richtlinien entsprach. Diese fordern nämlich, dass bei Betrieb der Maschine mit ausgeschalteter nichttrennender Schutzeinrichtung – in diesem Fall des Lichtvorhangs – folgende Forderungen erfüllt sind:

- *„Alle anderen Steuerungs- oder Betriebsarten sind nicht möglich;*
- *der Betrieb gefährlicher Funktionen ist nur möglich, solange die entsprechenden Befehlseinrichtungen betätigt werden;*
- *der Betrieb gefährlicher Funktionen ist nur unter geringeren Risikobedingungen möglich, und Gefährdungen, die sich aus Befehlsverkettungen ergeben, werden ausgeschaltet;*
- *der Betrieb gefährlicher Funktionen durch absichtliche oder unabsichtliche Einwirkung auf die Sensoren der Maschine ist nicht möglich.“*

[2006/42/EG, Anhang I – 1.2.5]

Die erste und die vierte Forderung wurden erfüllt, allerdings ist das Risiko der Quetschung der Hände durch die Drehung des Rundtaktisches keinesfalls verringert gewesen. Eine Befehlseinrichtung mit PL d, welche während des Betriebes gedrückt werden könnte, hätte noch hinzugefügt werden müssen. Aus diesen Gründen wurde komplett auf den Schlüsselschalter verzichtet. Somit ist es im Einrichtbetrieb notwendig, erst den Lichtvorhang durch Drücken des Zustimmungstasters zu quittieren, bevor der Rundtaktisch gedreht werden kann.

Ebenfalls anders als im Praxisbericht beschrieben, wurde die Druckluftversorgung realisiert. Da der Pneumatikplan zu diesem Zeitpunkt noch nicht vorlag, wurde dieser Teil der Vorüberlegung anhand von verbalen Angaben erstellt. Letztendlich stellt der Seitenkanalverdichter die Luft zur Verfügung, die aus den Druckluftdüsen geblasen wird, um die Welle zu trocknen. Die Luftaufbereitung erfolgt extern und wird über ein Ventil an der Reinigungsstation freigegeben. Mit ihr werden die gesamte Pneumatik und das Ausblasen der Blaslanzen realisiert.

Auch konstruktiv wurde nicht alles so umgesetzt, wie im CAD-Modell vorgesehen. Unter anderem mussten zusätzliche Winkel zur Befestigung der Schutzwände und eine Schiene zur Führung eines Pneumatikschlauchs angebracht werden (siehe Abbildung 4). Auf der horizontalen Achse der Druckluftdüsen befindet sich nun ein Anschlag, der verhindert, dass die Düsen zu nah an die Welle fahren (siehe Kapitel 5). Außerdem wurde aufgrund der Passgenauigkeit der Rundtaktisch weiter nach vorn gesetzt, weil es Ungenauigkeiten in der Fertigung gab. Dies alles hatte aber keinen Einfluss auf den Ablauf des Programms.

Abbildung 4: Schiene zur Schlauchführung (grün)



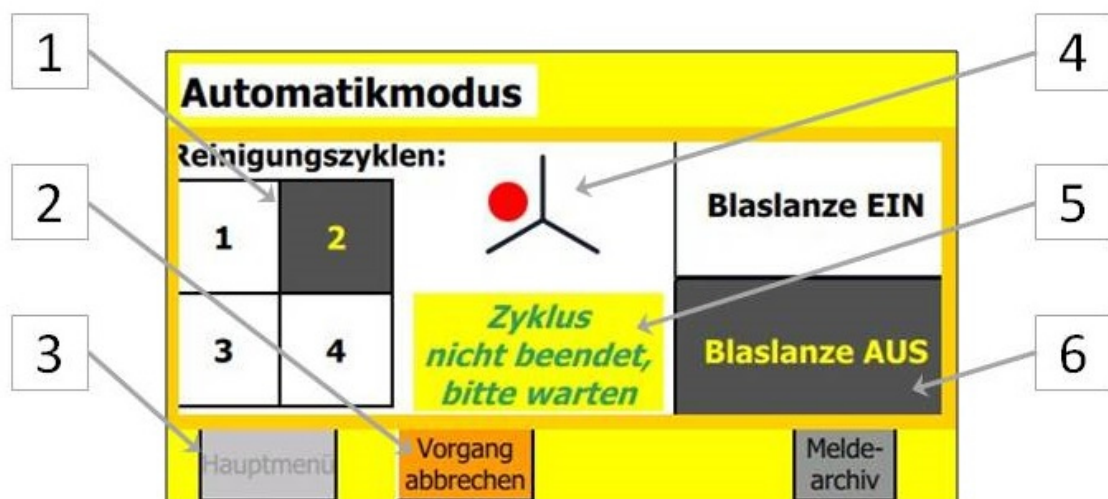
Eigene Darstellung

Der geplante Ablauf des Automatikbetriebes reinigte die Welle nicht wunschgemäß. Da der vertikale Druckluftdüsenvorschub schon langsam eingestellt war, musste der gesamte Prozess verändert werden. Das Ergebnis ist, dass der Bediener nun die Möglichkeit hat, die Anzahl der Reinigungszyklen zu bestimmen. Dabei kann er zwischen einem

und vier direkt aufeinanderfolgenden Zyklen wählen. Für den Reinigungsvorgang bedeutet das, dass sich die Druckluftdüsen je nach angegebener Anzahl Zyklen mehrmals hoch- und runter bewegen und dabei die Stellung des Schwenkantriebes dauerhaft gewechselt wird. Die Bewegung der Schwenkeinheit im Automatikbetrieb wurde zu Gunsten der Reinigung anders umgesetzt. Während der vertikalen Bewegung der Druckluftdüsen wird die Welle nun mehrmals vor und zurück geschwenkt, statt nur einmal. Außerdem ist dafür ein Eingang für die Schwenkeinheit im ausgeschwenkten Zustand hinzugefügt worden. Unvorteilhafter Weise können die Eingänge aber nur anliegen, wenn die Kupplung nicht gehoben ist. Deshalb wird im Automatikbetrieb mit Timern gearbeitet, um das Schwenken zu ermöglichen. (siehe 7.2.3 Ventilzeiten testen)

Die grundlegende Planung der Bedienseiten am Panel blieb bestehen. Jedoch wurde die Oberfläche des Automatikbetriebes an die neuen Umstände angepasst.

Abbildung 5: Bedienseite „Automatikmodus“



Eigene Darstellung (aus Anhang 1: Betriebsanleitung)

Zusätzlich zur Auswahl der Reinigungszyklen (Nr. 1) ist eine Stationsanzeige (Nr. 4) enthalten, welche dem Bediener anzeigt, auf welchen Stationen Wellen eingespannt sind.

Aufgrund der erwarteten langen Zykluszeit, ist es im Automatikbetrieb möglich, bereits den nächsten Prozess zu starten, während der aktuelle noch nicht abgeschlossen ist. Voraussetzung ist, dass nach Drücken des Zustimmungstasters der Lichtvorhang nicht mehr unterbrochen wird. Sollte dies doch eintreffen, wird nur der aktuelle Prozess beendet und die rote Ampellampe blinkt dauerhaft bis zur nächsten Quittierung.

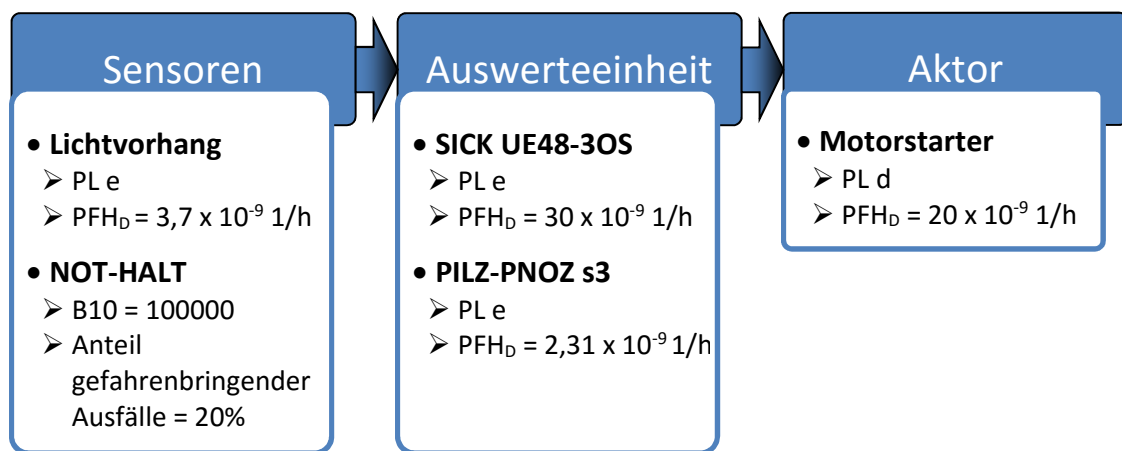
7 Sicherheits- und Funktionstests

7.1 Umsetzung der Risikobeurteilung

Laut Risikobeurteilung muss die Gefährdung durch den Rundtaktisch mit Performance Level d abgesichert werden (siehe Kapitel 4 – Bestimmung des benötigten PL). Darauf Einfluss haben der Lichtvorhang und der NOT-HALT-Schalter. Fällt das Signal des Lichtvorhangs oder des NOT-HALTs weg, registriert das ein Sicherheitsschaltgerät von SICK beziehungsweise PILZ, welche darauf unter anderem die Steuerspannung des Motorstarters abschalten und somit den Rundtaktisch stillsetzen.

Nachfolgend findet die Auswertung statt, ob das Performance Level eingehalten wird. In diesem Fall muss jeder Bestandteil des Systems (siehe Abbildung 6) im geforderten Bereich des PFH_D-Werts liegen (siehe Tabelle 9) und mindestens PL d erfüllen. Wenn vorhanden, reicht es, die vom Hersteller angegebenen PL mit den Anforderungen zu vergleichen. Es kann bei einigen Bauteilen aber auch berechnet werden.

Abbildung 6: Sicherheitssystem Lichtvorhang



Eigene Darstellung.

Layout in Anlehnung an [Siemens 2010];

Quellen der Kenndaten: [PILZ 2007], [SICK 2016a], [SICK 2016b], [Siemens 2016a], [Siemens 2016b]

Berechnung NOT-HALT:

$C = \text{Betätigungszyklen pro Stunde}$

$$\text{angenommen: } C = \frac{5}{\text{Jahr}} = \frac{5}{250 \text{ Arbeitstage}} = \frac{5}{250 * 8h} = 0,0025 \frac{1}{h}$$

$\lambda = \text{Ausfallrate}$

$$\lambda = \frac{0,1 * C}{B10}$$

$$\lambda = \frac{0,1 * 0,0025}{100\,000} \frac{1}{h} = 2,5 * 10^{-9} \frac{1}{h}$$

$\lambda_D = \text{Ausfallrate (gefahrbringend)}$

$\lambda_D = \lambda * \text{Anteil gefahrenbringender Ausfälle}$

$$\lambda_D = 2,5 * 10^{-9} * 0,2 = 0,5 * 10^{-9} \frac{1}{h} \approx PFH_D$$

$$\lambda_D \approx PFH_D < 10^{-7} \frac{1}{h}$$

$$B10 = 100\,000$$

$\text{Anteil gefahrenbringender Ausfälle} = 20\%$

$$B10_d = \frac{B10}{\text{Anteil gefahrenbringender Unfälle}}$$

$$B10_d = \frac{100\,000}{0,2} = 500\,000$$

$MTTF_d = \text{Mean Time To Failure dangerous}$

$$MTTF_d = \frac{B10_d}{0,1 * n_{op}}$$

$$n_{op} = \text{Betätigungen} = \frac{5}{\text{Jahr}} \text{ (angenommen)}$$

$$MTTF_d = \frac{500\,000}{0,1 * 5} \text{ Jahre} = 1\,000\,000 \text{ Jahre}$$

[vgl. Siemens 2010]

Nach Ablauf der $MTTF_d$ (Mean Time To Failure dangerous) sind statistisch gesehen 63,2 % der Bauteile gefahrbringend ausgefallen. Die gefahrbringende Ausfallrate entspricht unter Beachtung der Teilsystemarchitektur ungefähr dem PFH_D -Wert.

[vgl. Siemens 2010]

Die Funktion des NOT-HALT-Schalters wird vom PILZ-Relais getestet. Dies geschieht zweikanalig, indem ununterbrochen Stromimpulse durch den Taster gesendet werden. Entspricht das Eingangssignal am Relais nicht dem gesendeten, wird die NOT-HALT-Funktion ausgelöst. Es ist anzunehmen, dass dabei mehr als 99 % aller auftretenden, gefährlichen Fehler des Tasters sofort zum Stillstand der Maschine führen. Die Sicher-

heitsfunktion ist somit bei auftretenden Fehlern gewährleistet. Für den Diagnosedegrad (DC: aus dem Englischen Diagnostic Coverage) ergibt sich dementsprechend „hoch“.

Das System lässt sich somit in Kategorie 4 einordnen, welche verlangt, dass „[...] ein einzelner Fehler [oder die Anhäufung von unbekannten Fehlern] nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führ[en] [...]“ [Hauke 2008, S. 50].

Der MTTF_d-Wert wird als „hoch“ eingestuft (siehe Tabelle 7). Es findet aber eine Deckelung bei 100 Jahren statt [vgl. Hauke 2008, S. 57].

Ebenso muss der CCF (common cause failure) beachtet werden. Er wird in Prozent angegeben und ergibt sich aus der Summe aller getätigten Maßnahmen zur Vermeidung von Fehleranhäufungen. [vgl. FESTO 2013]

Tabelle 6: CCF Ermittlung

Maßnahme gegen CCF	Prozent	erreicht?
<ul style="list-style-type: none"> • Trennung/Abtrennung <ul style="list-style-type: none"> ➤ Physikalische Trennung zwischen den Signalpfaden ➤ z.B. Trennung der Verdrahtung, ausreichende Luft- und Kriechstrecken auf gedruckten Schaltungen 	15	ja
<ul style="list-style-type: none"> • Diversität <ul style="list-style-type: none"> ➤ Unterschiedliche Technologien/Gestaltung oder physikalische Prinzipien werden verwendet ➤ z.B. der erste Kanal in programmierbarer Elektronik und der zweite Kanal festverdrahtet, Art der Initiierung ➤ z.B. Druck und Temperatur: Messung von Entfernung und Druck ➤ z.B. digital und analog: Bauteile von verschiedenen Herstellern 	20	ja
<ul style="list-style-type: none"> • Entwurf/Anwendung/Erfahrung <ul style="list-style-type: none"> ➤ Schutz gegen Überspannung, Überdruck, Überstrom, usw. ➤ Verwendete Bauteile werden seit einigen Jahren unter Berücksichtigung von Umgebungsbedingungen betrieben 	15 5	ja ja
<ul style="list-style-type: none"> • Beurteilung/Analyse <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sind Ergebnisse einer Ausfallart und Effektanalyse berücksichtigt worden, um Ausfälle infolge gemeinsamer Ursache in der Gestaltung zu vermeiden 	5	nein
<ul style="list-style-type: none"> • Kompetenz/Ausbildung <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sind Konstrukteure/Monteure geschult worden, um die Gründe und Auswirkungen von Ausfällen infolge gemeinsamer Ursache zu erkennen 	5	nein

<ul style="list-style-type: none"> • Umgebung <ul style="list-style-type: none"> ➤ Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wurde das System bezüglich EMV-Immunität geprüft (z.B. wie in den relevanten Produktnormen festgelegt) ➤ Andere Einflüsse <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wurden alle Anforderungen der Unempfindlichkeit gegenüber allen relevanten Umgebungsbedingungen wie Temperatur, Schock, Vibration, Feuchtigkeit (z.B. wie in den relevanten Normen festgelegt) berücksichtigt 	25	ja
CCF =	80	≥ 65 %

*Eigene Darstellung,
in Anlehnung an [FESTO 2013]*

Bei dem Punkt „Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)“ wird angenommen, dass der NOT-HALT-Schalter diesen erfüllt. Der Schalter ist ein Einzelteil von Siemens, welches die CE-Kennzeichnung besitzt. Deshalb wird gewährleistet, dass er nicht empfindlich auf elektromagnetische Störungen reagiert.










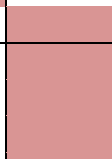










Mit den Angaben erhält man aus den nachfolgenden Tabellen für den NOT-HALT-Schalter das PL e.

Tabelle 7: Bewertung der $MTTF_d$

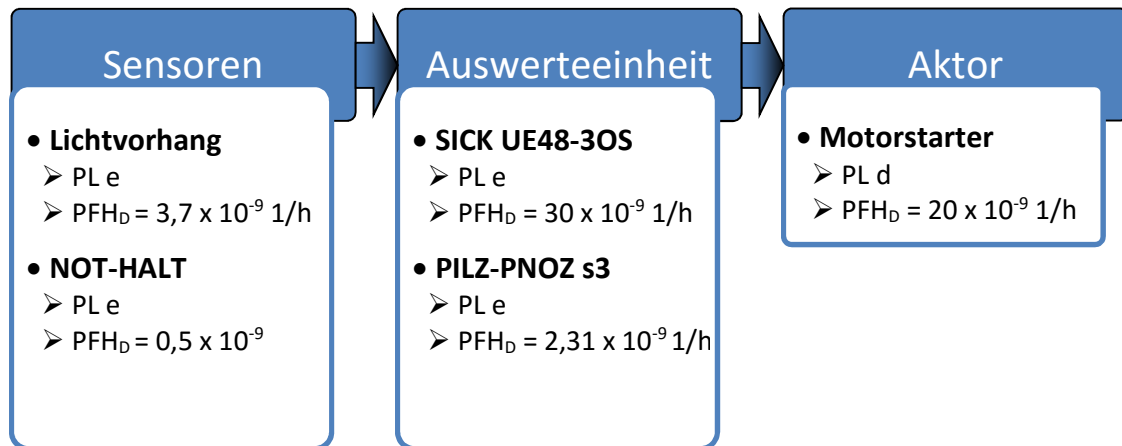
$MTTF_d$	Bewertung
≥ 3 Jahre bis < 10 Jahre	niedrig
≥ 10 Jahre bis < 30 Jahre	mittel
≥ 30 Jahre bis < 100 Jahre	hoch

*Eigene Darstellung,
in Anlehnung an [FESTO 2013]*

Tabelle 8: Ermittlung des PL

Performance Level	a								$\geq 10^{-5}$ bis $< 10^{-4}$	PFH _D in 1/h
	b								$\geq 3 \times 10^{-6}$ bis $< 10^{-5}$	
	c								$\geq 10^{-6}$ bis $< 3 \times 10^{-6}$	
	d								$\geq 10^{-7}$ bis $< 10^{-6}$	
	e								$\geq 10^{-8}$ bis $< 10^{-7}$	
DC	$< 60\%$	$< 60\%$	$\geq 60\%$ bis $< 90\%$	$\geq 90\%$ bis $< 99\%$	$\geq 60\%$ bis $< 90\%$	$\geq 90\%$ bis $< 99\%$	$\geq 99\%$			
	kein	kein	nied- rig	mittel	nied- rig	mittel	hoch			
Archi- tektur	Kat. B	Kat. 1	Kat.2		Kat.3		Kat. 4			
CCF	nicht relevant					$\geq 65\%$				

Eigene Darstellung,
in Anlehnung an [FESTO 2013]

Auswertung:**Abbildung 7: Sicherheitssystem Lichtvorhang – Auswertung**

Eigene Darstellung,

Layout in Anlehnung an [Siemens 2010];

Quellen der Kenndaten: [PILZ 2007], [SICK 2016a], [Siemens 2016a], [Siemens 2016b]

Beim Vergleich der PL erkennt man, dass der Motorstarter den niedrigsten Level besitzt. Das heißt, die zum Rundtakttisch gehörenden Komponenten erfüllen die Anforderungen an PL d. Die Summe der PFH_D -Werte ergibt:

$$PFH_{D \text{ gesamt Lichtvorhang}} = (3,7 + 30 + 20) * 10^{-9} \frac{1}{h} = 53,7 * 10^{-9} \frac{1}{h}$$

$$PFH_{D \text{ gesamt NOT-HALT}} = (0,5 + 2,31 + 20) * 10^{-9} \frac{1}{h} = 22,81 * 10^{-9} \frac{1}{h}$$

Beide Werte liegen zwischen 10^{-8} und 10^{-7} . Damit erfüllen sie die Anforderungen an PL e (siehe Tabelle 9). Somit wird die Reinigungsstation ihren Anforderungen bezüglich der Gefährdung durch Drehung des Rundtakttisches gerecht. Die anderen Gefährdungen können auf diesem Weg nicht überprüft werden, da diese nicht in Zusammenhang mit Stellteilen oder der Steuerung stehen.

Tabelle 9: Überführung PL - SIL

SIL	Ausfallwahrscheinlichkeiten (PFH_D in $\frac{1}{h}$)	PL
-	$\geq 10^{-5}$ bis $< 10^{-4}$	a
SIL 1	$\geq 3 \times 10^{-6}$ bis $< 10^{-5}$	b
SIL 1	$\geq 10^{-6}$ bis $< 3 \times 10^{-6}$	c
SIL 2	$\geq 10^{-7}$ bis $< 10^{-6}$	d
SIL 3	$\geq 10^{-8}$ bis $< 10^{-7}$	e

*Eigene Darstellung,
in Anlehnung an [Siemens 2010]*

7.2 Programmablauf

Die nachfolgend beschriebenen Tests wurden, wie erwähnt wird, zu unterschiedlichen Programmpunkten durchgeführt. Damit die Aussagefähigkeit dieser Prüfungen gewährleistet ist, wurden sie mehrmals und über mehrere Tage verteilt durchgeführt, so dass angenommen werden kann, dass mit hoher Sicherheit alle weiteren Tests das gleiche Ergebnis liefern. Die Tests, die im Rahmen des Praxisberichts bereits mit einer simulierten SPS vollzogen wurden, werden nun noch einmal an der „echten“ SPS mit vollständig angeschlossener Hardware überprüft. Dafür werden die bereits angelegten Tabellen erneut verwendet und mit den Daten des Praxistests ausgefüllt. Zusätzlich werden auch die Funktion des Lichtvorhangs und die Fahrzeiten der Ventile getestet.

7.2.1 Test NOT-HALT

Der theoretische Test zum NOT-HALT ist im Praxisbericht (Anlage 3 – A44) nachzulesen. Das Setzen des NOT-HALT-Schalters geschah an verschiedenen Programmpunkten. Dies erfolgte im Hauptmenü, während die Maschine still stand, an mehreren Punkten des laufenden Automatikbetriebes und während einiger Befehle des Einrichtbetriebes. Auch wurde bei aktivem NOT-HALT das Menü gewechselt oder versucht, Prozesse zu starten. Nach Rücksetzung des NOT-HALTs wurden dennoch keine Ventile oder Motoren angesteuert. Dies ist auch nicht möglich, da die Steuerspannung abgeschaltet ist, welche nur am Schaltschrank durch einen Drucktaster wieder eingeschaltet wird. Doch auch nach Betätigen dieses Tasters wurden keine Ausgänge gesetzt. Nun wäre es möglich in den Einrichtbetrieb zu wechseln, um das System in den Zustand zu versetzen, den man erhalten möchte. Alternativ besteht die Möglichkeit, im Automatikmodus den Zustimmungstaster zu drücken. Das Programm fährt erst das System in Grundstellung und nimmt danach die Reinigung der Wellen wieder auf. Jedoch fiel bei den Tests auf, dass die Bedienung des NOT-HALT-Schalters einen Anzeigefehler bei der Schaltfläche zur Auswahl der optionalen Blaslanze hervorrief, welcher daraufhin behoben werden konnte.

Tabelle 10: Test NOT-HALT

Ausgänge	Zustand vor Test	erwarteter Zustand nach Rücksetzen Not-AUS	tatsächlicher Zustand nach Rücksetzen Not-AUS
Seitenkanalverdichter EIN	1	0	0
Luftaufbereitung EIN	1	0	0
Anzahl Zustandsänderungen Ventile	-	0	0

Eigene Darstellung (aus [Preußing 2016]]Anhang 3: Praxisbericht)

7.2.2 Test Sicherheitslichtvorhang

Die Überprüfung des Lichtvorhangs fand vor allem im Automatikbetrieb aber auch im Einrichtbetrieb während der Drehung des Rundtakttisches statt. Ziel war es zu überprüfen, ob der Rundtakttisch bei Unterbrechung des Lichtvorhangs sofort angehalten wird. Da der Fehler in der Verschaltung (siehe Kapitel 6) korrigiert wurde, konnte durch Unterbrechungen des Lichtvorhangs der Rundtakttisch sofort zum Stehen gebracht werden. Der Automatikbetrieb wurde damit angehalten, sollte aber bei einmaligem Drücken der Quittierungstaste weiterfahren können. Dies war aber nicht der Fall. Der Grund ist, dass die Unterbrechung des Lichtvorhangs zum Schalten im SICK-Sicherheitsrelais führt. Nach Unterbrechung ist die Quittierung hinfällig und das Relais liefert den Wert „false“ für den Zustand des Lichtvorhangs. Nach erneutem Drücken des Quittierungstasters wird der Lichtvorhang aktiviert, indem im Relais die nötigen Ströme wieder fließen. Das Schalten im Relais und der folgende Eingang über den aktuellen Zustand des Lichtgitters lagen allerdings nicht augenblicklich an. Das führte dazu, dass beim ersten Drücken des Quittierungstasters immer noch ein unterbrochener Lichtvorhang gemeldet wurde. Dadurch bewegte sich der Tisch nicht. Würde der Taster anschließend noch einmal gedrückt werden, hätte der Reinigungsvorgang gestartet. Das Beschriebene betraf nur den Automatikbetrieb, da im Einrichtbetrieb kein Prozess mit dem Zustimmtaster direkt gestartet wird. Durch Quittierung wird nun ein Merker gesetzt, der nach Prozessende oder Unterbrechung des Lichtvorhangs wieder zurückgesetzt wird und das Problem somit löst.

Tabelle 11: Test NOT-HALT

Ausgänge	Zustand vor Test	erwarteter Zustand nach Unterbrechung Lichtvorhang	tatsächlicher Zustand nach Unterbrechung Lichtvorhang
Rundtakttisch vorwärts	1	0	0
Rundtakttisch rückwärts	1	0	0
Bremse lösen	1	0	0

Eigene Darstellung (aus [Preußing 2016]]Anhang 3: Praxisbericht)

Die Unterbrechung des Lichtvorhangs nach Drehung des Rundtakttisches behinderte den weiteren Programmablauf nicht.

7.2.3 Ventilzeiten testen

Die Dauer des Ein- beziehungsweise Ausfahrens der Pneumatikzylinder wurde entsprechend einer optimalen Reinigung eingestellt. Beachtung fand dabei auch die Synchronität in beiden Stationen, obwohl diese keinen Einfluss auf die Qualität der Säuberung hat. Anschließend konnten die Zeiten eingestellt werden, nach denen ein Zylinder spätestens die angesteuerte Position erreicht haben muss. Ist der Zylinder danach nicht in Position, kommt es zur Fehlermeldung. Für eine nahezu ununterbrochene Hin- und Herbewegung der Schwenkantriebe mussten die Timer so gesetzt werden, dass die Endlage in dieser Zeit noch erreicht wird, denn nach dieser Zeit wird der Zustand wieder zurückgesetzt. Dabei kann nicht geprüft werden, ob die Endlagen wirklich erreicht werden, weil der Sensor den Zustand nur bei eingefahrener Kupplung erkennen kann.

7.2.4 Test Befehl Grundstellung

Tabelle 12: Test Befehl Grundstellung

Ausgang	Zustand vor Test	erwarteter Zustand nach Test	tatsächlicher Zustand nach Test
Blaslanze Grundstellung	beliebig	1	1
Kupplungshub Grundstellung	beliebig	1	1
Schwenkantrieb Grundstellung	beliebig	1	1
Druckluft-Düsenvorschub horizontal Grundstellung	beliebig	1	1
Druckluft-Düsenvorschub vertikal Grundstellung	beliebig	1	1
Bremse fest	beliebig	1	1

Eigene Darstellung (aus [Preußing 2016]]Anhang 3: Praxisbericht)

Die Ausführung des Befehls Grundstellung verlief wie in der Simulation. Es ist zu erwähnen, dass dieser Befehl auch im Automatikmodus verwendet wird, um das System wieder in Grundstellung zu bringen, wenn der laufende Betrieb unterbrochen wurde. Dies soll die Bedienung erleichtern.

7.2.5 Test Automatikmodus

Tabelle 13: Test Automatikmodus

Ausgang	Zustand vor Test	erwarteter Zustand nach Test	tatsächlicher Zustand nach Test
Kupplungshub Station 2 ausfahren	0	1	1
Kupplungshub Station 3 ausfahren	0	1	1
Blaslanze Station 2 ausfahren	0	1	1
Blaslanze Station 3 ausfahren	0	1	1
Druckluft-Düsenvorschub horizontal Station 2 ausfahren	0	1	1
Druckluft-Düsenvorschub horizontal Station 3 ausfahren	0	1	1

Eigene Darstellung (aus [Preußing 2016]]Anhang 3: Praxisbericht)

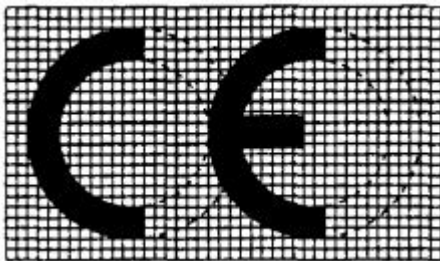
Nachdem die Drehung des Rundtakttisches im Automatikbetrieb ausgeführt wurde, fuhren die Druckluftdüsen wie geplant aufwärts. Währenddessen drehten sich die Schwenkantriebe hin- und her. Die Häufigkeit der Drehung wurde während des Tests mit einem Timer an die Vertikalbewegung der Düsen angepasst (siehe 7.2.3 Ventilzeiten testen). Die restlichen Funktionen funktionierten wie gewollt. Der genaue Ablauf des finalen Automatikbetriebes ist in Kapitel 6 beschrieben.

8 Kennzeichnung der Maschine

Die CE-Kennzeichnung ist „die Kennzeichnung, durch die der Hersteller erklärt, dass das Produkt den geltenden Anforderungen genügt, die in den Harmonisierungsvorschriften der Europäischen Union, die ihre Anbringung vorschreiben, festgelegt sind.“ [Koch 2013].

Gemäß Maschinenrichtlinie [2006/42/EG, Anhang I – 1.7.3] enthält das Typenschild der Reinigungsstation alle geforderten Informationen. Direkt neben den Herstellerangaben erfolgt die CE-Kennzeichnung nach dem Muster aus [2006/42/EG, Anhang III].

Abbildung 8: CE-Muster



Quelle: [2006/42/EG]

Abbildung 9: Typenschild Reinigungsstation

SAV Automation GmbH		Leipziger Strasse 29	
		D-09648 Mittweida	
		Tel.: +49 3727 9995 0	
		Fax: +49 3727 9995 346	
CE	Bezeichnung:	Reinigungsstation für Wellen	
	Serien-Nr.:	756-004-15-000-00	
	Auftrags-Nr.:	4500422950	
	Baujahr:	2016	
Anschlußwerte			
	Spannung:	400 VAC / 3 / N / PE	
	Strom:	16 A	
	Frequenz:	50 Hz	
	Steuerspannung:	24 VDC	
	Stromlaufplan Z.-Nr.:	756-400-15	

Eigene Darstellung

Das Typenschild der Maschine ist am Schaltschrank in einer Ecke über dem Hauptschalter angebracht.

Alle Stellteile sind kohärent mit ihrer jeweiligen Steuerwirkung gekennzeichnet.
[vgl. 2006/42/EG, Anhang I – 1.2.2]

Abbildung 10: Stellteile der Reinigungsstation



Eigene Darstellung

Die Kennzeichnung der Kabel und Schläuche entspricht den Angaben des Stromlaufplans beziehungsweise des Pneumatikplans. Die Farbe des Leiters symbolisiert dessen Art (nachzulesen im Stromlaufplan). Zusätzlich steht eine angebrachte Nummer für das Bit, an das die Leitung angeschlossen wird.

Abbildung 11: Kennzeichnung der Verdrahtung



Eigene Darstellung

Bei den Schläuchen für die Druckluft wird nicht nach Farben unterschieden. Wie im Bild ersichtlich, sind hier die Anschlüsse der ET200 zu sehen. Die Bezeichnung der Schläuche erfolgt nach der Benennung im Pneumatikplan.

Abbildung 12: Kennzeichnung der Pneumatikschläuche



Eigene Darstellung

9 **Ausblick**

Der Prototyp der Reinigungsstation wurde erfolgreich fertiggestellt. Die EMV-Bewertung steht noch aus. Des Weiteren wird überprüft, ob es möglich ist, mit einer kürzeren Taktzeit eine bessere Reinigung zu erzielen. Ein Reinigungszyklus unter bereits optimierten Bedingungen dauert ungefähr 15 Sekunden. Den größten Teil der Zeit benötigt die Vertikalbewegung der Druckluftdüsen. Die Verzögerungen durch Timer im SPS-Programm sind bereits auf ein Minimum reduziert. Die Auswahl der Anzahl Reinigungszyklen gewährleistet somit genügend Flexibilität, um die Taktzeit zu variieren. Durch diese Einstellmöglichkeit sind keine großen Änderungen an der Steuerung mehr nötig. Lediglich einige Timer müssten erneut angepasst werden, falls die Drosselung der Ventile stark verstellt wird. An der Betriebsanleitung und der Risikobeurteilung sind höchstens Bearbeitungen im Detail vorzunehmen.

Literaturverzeichnis

- [2006/42/EG] 2006/42/EG (idF v. 17.05.2006)
- [2014/30/EU] 2014/30/EU (idF v. 26.02.2014)
- [FESTO 2013] Festo Vertrieb GmbH & Co. KG (Hrsg.): Leitfaden Sicherheitstechnik: Pneumatische und elektrische Lösungen. URL: <https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/26977/Sicherheitstechnik%20135241%2003-2013%20DE.pdf>, 2013, verfügbar am 01.08.2016
- [Hauke 2008] Hauke, Michael [u.a.]: Funktionale Sicherheit von Maschinensteuerungen: Anwendung der DIN EN ISO 13849; BGIA-Report 2/2008. - 2. geänd. Aufl. Rheinbreitbach : Plump OHG, 2008
- [Koch 2013] Koch, Alexander: CE-Kennzeichnung. URL: <https://marktueberwachung.eu/glossary/ce-kennzeichnung/>, 2013, verfügbar am 01.08.2016
- [PILZ 2007] PILZ GmbH & Co. KG (Hrsg.): NOT-AUS-Schaltgeräte, Schutztürwächter: bis Kategorie 4; EN 954-1; PNOZ s3. URL: http://www.goering-gmbh.de/uploads/not-aus_sicherheitsgeraete/PNOZ-s3.pdf, 2007, verfügbar am 01.08.2016
- [Preußing 2016] Preußing, Maurizio: Erstellung eines Steuerungskonzeptes einer Reinigungsstation für Wellen. - 2016. - 19 S. Mittweida, Hochschule, Ingenieurwissenschaften, Praxisbericht, 2016
- [ProdSG 2011] ProdSG (idF v. 08.11.2011)
- [SICK 2016a] SICK Vertriebs-GmbH (Hrsg.): deTec4 Core: Sicherheits-Lichtvorhang; Betriebsanleitung. URL: <https://www.sick.com/de/de/produktportfolio/opto-electronic-protective-devices/safety-light-curtains/detec4-core/c/g269851>, 2016, verfügbar am 01.08.2016
- [SICK 2016b] SICK Vertriebs-GmbH (Hrsg.): UE48-3OS2D2: UE48-3OS; Online-Datenblatt; Sicherheits-Relais. URL: https://www.sick.com/media/pdf/4/94/294/dataSheet UE48-3OS2D2_6025089_de.pdf, 2016, verfügbar am 01.08.2016
- [Siemens 2016a] Siemens AG (Hrsg.): Datenblatt 3RM1302-1AA04: Motorstarter Sirius. URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/de/WW/Catalog/Product/3RM1302-1AA04>, 2016, verfügbar am 01.08.2016

-
- [Siemens 2016b] Siemens AG (Hrsg.): Datenblatt 3SB3203-1HA20-0CC0: NOT-HALT-Pilzdrucktaster. URL: <<https://mall.industry.siemens.com/mall/de/WW/Catalog/Product/3SB3203-1HA20-0CC0>>, 2016, verfügbar am 01.08.2016
- [Siemens 2016c] Siemens AG (Hrsg.): Datenblatt 6ES7315-2EH14-0AB0: SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP. URL: <<https://mall.industry.siemens.com/mall/de/WW/Catalog/Product/6ES7315-2EH14-0AB0>>, 2016, verfügbar am 01.08.2016
- [Siemens 2010] Siemens AG (Hrsg.): Europäische Maschinenrichtlinie - einfach umgesetzt: Funktionale Sicherheit von Maschinen und Anlagen. - Aufl. 11/10 - 2010

Anlagen

Anlage 1: Betriebsanleitung	A-1
Anlage 2: Risikobeurteilung	A-14
Anlage 3: Praxisbericht.....	A-24

Anlage 1: Betriebsanleitung

1 Bedienung

1.1 Anordnung und Beschreibung der Bedien- bzw. Anzeigeelemente

In der folgenden Abbildung 1-1 ist die Anordnung der Bedien- und Anzeigeelemente ersichtlich. In Tabelle 1-1 sind deren Funktionen beschrieben.

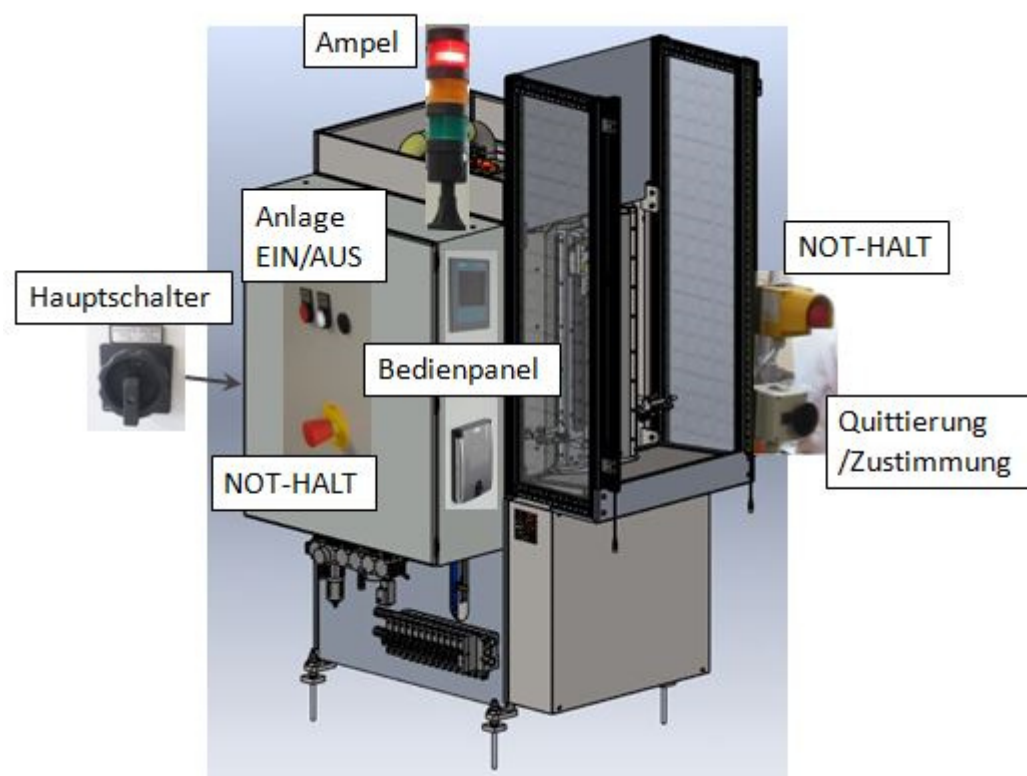


Abbildung 1-1: Anordnung der Bedien- und Anzeigeelemente

Gruppe	Bedienelement	Funktion
Schaltschrank	Hauptschalter	<ul style="list-style-type: none"> - durch Schalten von EIN wird die Anlage hochgefahren - in ca. 20 Sekunden ist die Anlagensteuerung betriebsbereit
	Leuchtdrucktaster „Anlage EIN“	<ul style="list-style-type: none"> - Anlage wird in betriebsbereiten Zustand versetzt - ist der Zustand erreicht, leuchtet Drucktaster weiß
	Leuchtdrucktaster „Anlage AUS“	<ul style="list-style-type: none"> - Anlage wird in Stillstand versetzt - keine Anlagenkomponente ist betriebsfähig
	rote Not-Halt-Taster	<ul style="list-style-type: none"> - Betätigung im Gefahrenfall - Anlage wird in Stillstand versetzt - Anlagenkomponenten sind nicht betriebsfähig
	Bedienpanel: Touch-Bildschirm und Softkeytasten F1 bis F4	<ul style="list-style-type: none"> - Bedienung der Anlage - Einstellung der Anlage - ↗ 1.2
	Drucktaster „Quittierung/Zustimmung“	<ul style="list-style-type: none"> - Start Automatikbetrieb - Quittierung Lichtschränke
Ampel	rote Lampe	<ul style="list-style-type: none"> - zeigt Fehler an - Eingreifen am Panel ist erforderlich - blinkend: <ul style="list-style-type: none"> ➔ Unterbrechung des Lichtvorhangs führte zu Abbruch ➔ Drücken des Zustimmungstasters setzt Vorgang fort
	gelbe Lampe	<ul style="list-style-type: none"> - Stillstand im Automatikmodus
	grüne Lampe	<ul style="list-style-type: none"> - keine Fehler

Tabelle 1-1: Bedienelemente mit Funktion



Betätigte Not-Halt-Schalter dürfen nur dann wieder zurückgestellt werden, wenn die Gefahr, die zum Auslösen der Not-Halt-Funktion geführt hat, mit Sicherheit abgestellt wurde.

1.2 Beschreibung des Panels

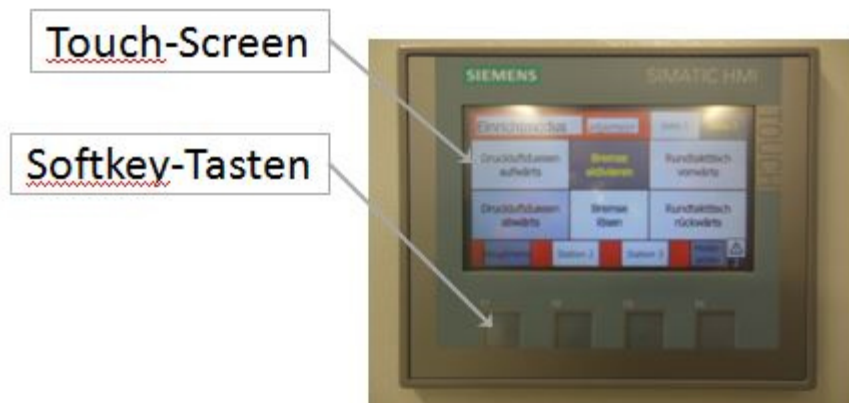


Abbildung 1-2: Darstellung der Bedienelemente des Panels

Das Panel ist in Abbildung 1-2 dargestellt.

Mit den Softkey-Tasten wird die Anlage je nach aktuellem Panelbild bedient (→ 1.3).

1.3 Beschreibung der Bedienseiten

Über die Softkey-Tasten wird die Anlage gesteuert. Mit ihnen werden die im Bildschirmbereich darüberstehenden Aktionen ausgeführt.

1.3.1 Bedienseite „Hauptmenü“

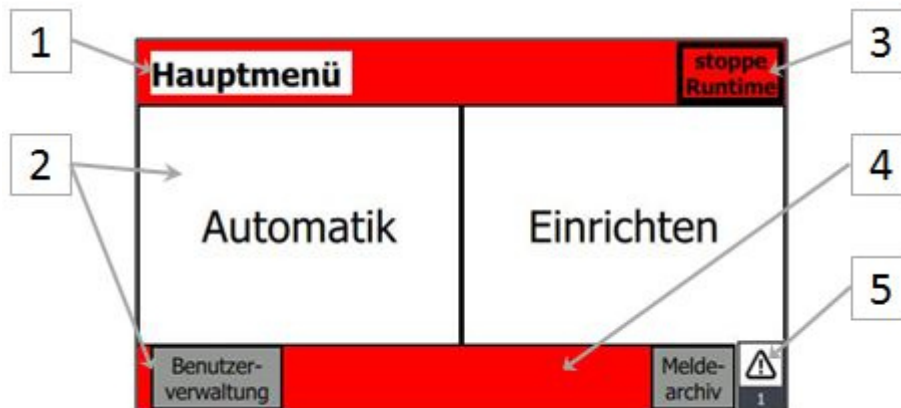


Abbildung 1-3: Bedienseite "Hauptmenü"

Nr.	Element	Funktion	Erläuterung
1	Titel	- zeigt dem Bediener den Namen des aktuellen Menüs	
2	Schaltflächen	- Menüführung - Befehls Eingabe	- Bedeutung der Darstellung der Schaltflächen ↗ 1.3.3
3	Stopp Runtime	- öffnet Systemeinstellungen des Panels	- nach Anwahl der Schaltfläche und anschließender Bestätigung des Vorgangs wird die Runtime beendet - Gruppe Administrator erforderlich (↗ 1.3.5)
4	Status-Banner	- verdeutlichen simultan mit Ampel den Zustand des Systems	Möglichkeiten: - rot → zeigt Fehler an → Eingreifen am Panel ist erforderlich - gelb → System in Bewegung - grün → keine Fehler → Automatikmodus kann durch „Quittierung/Zustimmung“ gestartet werden
5	Meldeindikator	- zeigt dem Bediener die Anzahl der anliegenden Fehler in der Fehlerliste	- blinkend: Fehler liegt aktuell an - nicht blinkend, Zahl 0: Fehler liegt nicht mehr an → zum Ausblenden quittieren - unsichtbar: keine Fehler

Tabelle 1-2: Bedienseite "Hauptmenü"

1.3.2 Bedienseite „Automatikmodus“

Diese Seite muss aktiviert sein, um die Maschine im Automatikbetrieb durch Drücken des Zustimmungstasters (↗ 1.1) verfahren zu lassen. Vor dem Start ist es notwendig, dass im Meldearchiv keine Fehler vorliegen (verdeutlicht durch grüne Banner). Befindet sich das System bei Drücken des Tasters nicht in Grundstellung, wird es erst in diese gebracht. Anschließend startet der Reinigungsprozess. Der Seitenkanalverdichter wird vom System nach 5 Minuten ohne Reinigungsstart wieder ausgeschaltet.

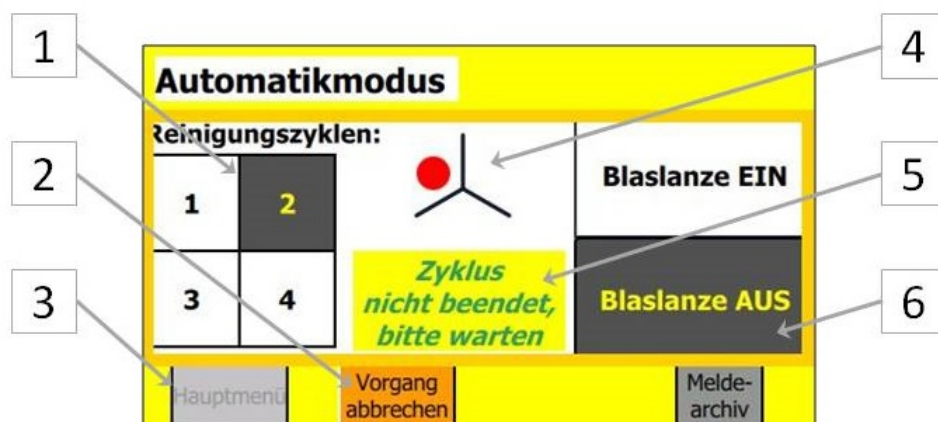


Abbildung 1-4: Bedienseite "Automatikmodus"


Nr.	Element	Funktion	Erläuterung
1	Auswahl Reinigungszyklen	- legt die Anzahl der Reinigungszyklen fest	- 1 Zyklus = 1 Auf- und Abwärtsbewegung der Druckluftdüse
2	Vorgang abbrechen	- hält den aktuellen Prozess sofort an - schaltet Druckluft und Seitenkanalverdichter ab - führt zum Hauptmenü	- setzt alle Ventile zurück - bei erneutem Aufrufen des Automatikbetriebes müssen Grundvoraussetzungen wieder hergestellt werden
3	„Hauptmenü“	- bei grünem oder rotem Banner ist es möglich durch diese Taste zum „Hauptmenü“ zu gelangen - im laufenden Betrieb (gelbes Banner) ist die Taste ausgegraut und nicht funktionsfähig ↳ „Vorgang abbrechen“ - schaltet den Seitenkanalverdichter ab	
4	Werkstückanzeige	- ein roter Punkt verdeutlicht die Anwesenheit eines Werkstücks in der jeweiligen Station	
5	Fläche für Bedienhinweise	- weist auf den momentanen Zustand des Systems hin	<p>Möglichkeiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - „Zyklus noch nicht beendet; bitte warten“ → der Automatikmodus läuft in diesem Moment - „System fährt bei Start in Grundstellung“ → durch Drücken des Zustimmungstasters wird das System erst in Grundstellung fahren → anschließend startet die Reinigung - „Verwendung Blaslanze bestimmen“ → Meldung muss mit „OK“ oder mit Auswahl „Blaslanze EIN/AUS“ quittiert werden → um die Reinigung zu starten, ist es notwendig die Blaslanze an- oder abzuwählen → vor Änderung dieses Zustandes muss der Rundtaktisch komplett leergefahren sein - „Drehung Rundtaktisch unterbrochen“ → Lichtvorhang wurde während Drehung Rundtaktisch unterbrochen → erneutes Drücken des Zustimmungstasters setzt Reinigung fort
6	Blaslanze EIN/AUS	- An- und Abwahl der Blaslanze	<ul style="list-style-type: none"> - vor Änderung muss der Rundtaktisch komplett leergefahren sein ↳ „Werkstückanzeige“ -  das Einsetzen des falschen Werkstücks kann zur Kollision zwischen Blaslanze und Welle führen

Tabelle 1-3: Bedienseite "Automatikmodus"

1.3.3 Bedienseiten „Einrichtmodus“

Um auf den Einrichtmodus zugreifen zu können, ist eine Anmeldung mit Gruppe Einrichter oder Administrator notwendig (§ 1.3.5). Dieser Modus besteht aus mehreren Bedienseiten. Während der Ausführung der Befehle „Grundstellung“ und „Rundtaktisch vorwärts“, können keine weiteren Prozesse gestartet werden. Ebenso ist es in dieser Zeit nicht möglich, zum Hauptmenü zu gelangen. Dieser Zustand endet, wenn der Bewegungsprozess abgeschlossen ist oder 3 Sekunden vergangen sind.

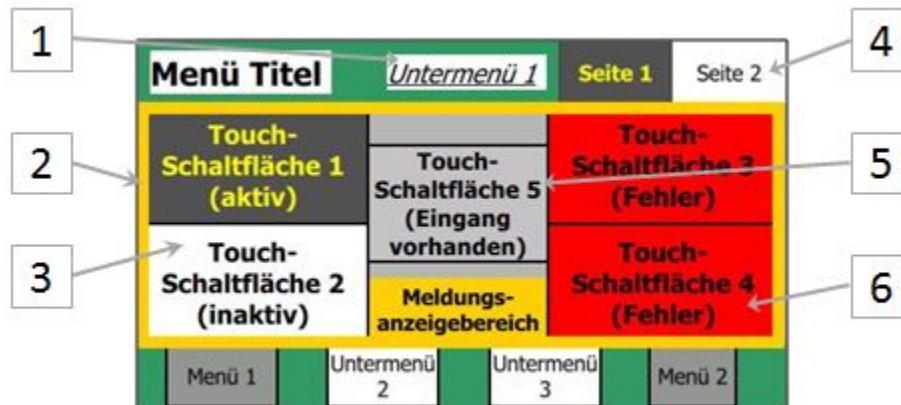


Abbildung 1-5: Bedienseite "Einrichtmodus"

Nr.	Element	Funktion	Erläuterung
1	Untermenü	- zeigt das momentan aktive Untermenü	
2	Warnrahmen	- zeigt an, dass das System in Bewegung ist	- Auswahl anderer Befehle während dieser Zeit nicht möglich - Menünavigation eingeschränkt
3	Darstellung Schaltfläche aktiv/inaktiv	- Anzeige Steuerzustand	- aktiv: → Zustand angesteuert → Eingang vorhanden - inaktiv: → Eingang nicht vorhanden
4	Seitenauswahl	- wechselt zwischen den Seiten des Untermenüs	- pro Untermenü existieren jeweils zwei Seiten
5	Darstellung Schaltfläche Eingang vorhanden	- Anzeige Steuerzustand	→ Eingang vorhanden → nicht angesteuert
6	Darstellung Schaltfläche Fehler	- Anzeige Steuerzustand	→ kein Eingang vorhanden → Ventilzustand ungewiss
	Schaltfläche Luftaufbereitung EIN/AUS	- Druckluftversorgung der Pneumatik	
	Schaltfläche Luft Blaslanze EIN/AUS	- lässt Blaslanze blasen	
	Schaltfläche Seitenkanalverdichter EIN/AUS	- Luft zum Abblasen der Werkstücke	

Nr.	Element	Funktion	Erläuterung
	Schaltfläche Grundstellung	- das System fährt alle Ventile und den Rundtakttisch in Grundstellung	- die Luftaufbereitung wird, wenn nötig eingeschaltet - während des Vorgangs werden weitere Befehle gesperrt - Lichtvorhang muss quitiert und geschlossen sein
	Schaltfläche Druckluftdüsen aufwärts/abwärts	- bestimmt die Position der Druckluftdüsen auf der vertikalen Achse	
	Schaltfläche Bremse aktivieren/lösen	- aktiviert oder löst die Bremse des Rundtakttisches	
	Schaltfläche Rundtakttisch vorwärts	- lässt den Rundtakttisch bis zum nächsten Nocken in Arbeitsrichtung fahren	- die Bremse wird automatisch betätigt - Lichtvorhang muss quitiert und geschlossen sein - Blaslanze, Kupplung und Druckluftdüse horizontal dürfen nicht ausgefahren sein - der Rundtakttisch steht nach Abschluss der Vorwärtsbewegung in Grundposition
	Schaltfläche Rundtakttisch rückwärts	- fährt Rundtakttisch im Tipbetrieb gegen die Arbeitsrichtung	- die Bremse wird automatisch betätigt - Lichtvorhang muss quitiert und geschlossen sein - Blaslanze, Kupplung und Druckluftdüse horizontal dürfen nicht ausgefahren sein - solange die Taste gedrückt wird, fährt der Rundtakttisch rückwärts
	Schaltfläche Hubkupplung aufwärts/abwärts	- hebt oder senkt die Kupplung der ausgewählten Station	- Station wird über Untermenü ausgewählt ↳ „Untermenü“ - Rundtakttisch muss sich in Grundposition befinden
	Schaltfläche Schwenkeinheit vorwärts/rückwärts	- lässt die Schwenkeinheit der ausgewählten Station vorwärts oder rückwärts fahren	- Station wird über Untermenü ausgewählt ↳ „Untermenü“
	Schaltfläche Blaslanze aufwärts/abwärts	- fährt die Blaslanze der ausgewählten Station ein oder aus	- Station wird über Untermenü ausgewählt ↳ „Untermenü“ - Rundtakttisch muss sich in Grundposition befinden
	Schaltfläche Druckluftdüse horizontal ausfahren/einfahren	- fährt die Druckluftdüse der ausgewählten Station auf der horizontalen Achse ein oder aus	- Station wird über Untermenü ausgewählt ↳ „Untermenü“ - Rundtakttisch muss sich in Grundposition befinden

Tabelle 1-4: Bedienseite "Einrichtmodus"

1.3.4 Bedienseite „Meldearchiv“



Abbildung 1-6: Bedienseite "Meldearchiv"

Nr.	Element	Funktion	Erläuterung
1	Eingangszeit des Fehlers	- zeigt, wann der Fehler einging	
2	Fehlernummer	- zeigt Nummer des Fehlers in der Fehlerliste an	
3	Überhitzungswarnung	- zeigt Zeit bis zur Abschaltung des Systems bei Temperaturfehlern	- Temperatur muss innerhalb dieser Zeit im Betriebsbereich liegen → Anlage sonst nicht betriebsfähig
4	Art des Fehlers	- beschreibt den Fehler	
5	Quittierungstaste	- quittiert Meldungen	- zeigt Fehler, die nur kurz anliegen → zum Ausblenden quittieren
6	Meldeindikator	- zeigt Anzahl der anliegenden Fehler im Archiv	- blinkend: Fehler liegt aktuell an - nicht blinkend, Zahl 0: Fehler liegt nicht mehr an → zum Ausblenden quittieren - unsichtbar: keine Fehler

Tabelle 1-5: Bedienseite "Fehlerliste"

1.3.5 Bedienseite „Benutzerverwaltung“

Anmeldung

Für bestimmte Funktionen des Panels ist eine Anmeldung erforderlich. Wird auf so eine Funktion zugegriffen, erscheint das Anmeldefenster. Wenn die Gruppe des Nutzers die entsprechenden Rechte besitzt und das Passwort richtig eingegeben wurde, kann danach auf die Funktion zugegriffen werden.

Das Bild zeigt ein Dialogfenster mit dem Titel 'Anmeldung'. Es enthält zwei Textfelder: 'Benutzer:' und 'Kennwort:'. Unter den Feldern befinden sich zwei Buttons: 'Abbrechen' und 'OK'.

Das Passwort jedes voreingestellten Benutzers ist „0000“. Es kann geändert werden.

Falsche Eingaben

Wird das falsche Passwort oder ein falscher Benutzername eingegeben, ist es weiterhin nicht möglich eine gesperrte Funktion zu nutzen und das Fenster erscheint erneut.

Sollte ein Passwort dreimal falsch eingegeben werden, verliert der Nutzer jegliche Rechte und wird der Gruppe „Unberechtigt“ zugewiesen. Dieser Zustand kann nur durch einen Administrator zurückgesetzt werden, indem er die Gruppe des entsprechenden Nutzers ändert. Die Sperrung kann auch einen Administrator treffen. Es wird daher empfohlen mindestens zwei Administrator-Profile anzulegen.

Benutzertabelle

In der Benutzerverwaltung ist es möglich Anmeldeparameter zu ändern. Der Administrator kann alle Nutzer verwalten und deren Gruppe ändern. Ein angemeldeter Nutzer hat nur Zugang zu seinen eigenen Daten. Ihm ist es nicht möglich seine Gruppe zu ändern.

Das Bild zeigt die Benutzerverwaltungstabelle. Die Tabelle hat vier Spalten: Benutzer, Kennwort, Gruppe und Abmeldezeit. Die Datenzeilen sind:

Benutzer	Kennwort	Gruppe	Abmeldezeit
Admin1	0000	Administratoren	5
Admin2	0000	Administratoren	5
Einrichter1	0000	Einrichter	10
PLC User	0000	Unberechtigt	5

Die Markierungen im Bild weisen auf folgende Elemente hin:

- 1: Titel 'Benutzerverwaltung'
- 2: Spaltenüberschriften
- 3: Buttons '<< zurück' und 'Nutzer abmelden'
- 4: Spalte 'Abmeldezeit'
- 5: Spalte 'Gruppe'

Abbildung 1-7: Bedienseite "Systemeinstellungen"

Nr.	Element	Funktion	Erläuterung
1	Benutzername	- zeigt den Benutzernamen an	
2	Kennwort	- Auswahl ermöglicht die Änderung des Kennworts	
4	Gruppe	- Gruppe des Benutzers	- Administrator: → Zugriff auf alle Funktionen - Einrichter: → Zugriff auf Fenster des Einrichtbetriebes
5	Abmeldezeit	- Benutzer wird nach dieser Zeit automatisch abgemeldet	
3	Nutzer abmelden	- meldet den Benutzer ab	

Tabelle 1-6: Bedienseite "Systemeinstellungen"

2 Fehlerdiagnose und Fehlerbeseitigung

2.1 Allgemeine Hinweise

Am Bedienpanel wird zwischen Stör- und Betriebsmeldungen unterschieden. Diese werden bei Auftreten als Anzahl im Meldeindikator sowie auf der Bedienseite „Meldearchiv“ (↗ 1.3.4) angezeigt. Außerdem werden noch Bedienerinformationen bei einer nicht freigegebenen Schaltflächenanwahl angezeigt. Daran kann der Bediener den Grund für die Nichtausführung erkennen.

Betriebsmeldungen (B) sind Ereignisse, die nach Beseitigung ihrer Ursache erlöschen und eine problemlose Fortsetzung des Zyklus zulassen.

Störmeldungen (S) sind Ereignisse, die auch nach der Beseitigung ihrer Ursache im Meldefenster bestehen bleiben und erst erlöschen, wenn sie vom Bediener quittiert werden.

2.2 Fehlerliste

Nr.	Art	Bezeichnung	Folgen	Mögliche Ursache
1	B	Spannungsversorgung 1 liegt nicht an	- Anlage nicht betriebsfähig	- Meldefehler z.B. durch Drahtbruch
2	B	Spannungsversorgung 2 liegt nicht an	- Anlage nicht betriebsfähig	- Drahtbruch
3	B	Steuerung AUS	- Anlage nicht betriebsfähig	- Steuerung am Schaltschrank nicht eingeschaltet - Not-AUS-Schalter gedrückt - Drahtbruch
4	B	Temperatur Schaltschrank erhöht	- Anlage noch eine Stunde betriebsfähig → Nr. 22 - Schaltschrank muss ausgeschaltet werden	- Klimagerät arbeitet nicht ordnungsgemäß - Schaltschrantür offen - Drahtbruch
5	B	Temperatur Seitenkanalverdichter erhöht	- Anlage noch eine Stunde betriebsfähig → Nr. 22	- Klimagerät arbeitet nicht ordnungsgemäß - Drahtbruch
6	B	Motorschutzscharter Rundtaktisch ausgelöst	- Anlage nicht betriebsfähig	- Überlast - Kurzschluss - Drahtbruch - Überstrom/Belastung
7	B	Motorschutz Rundtaktisch ausgelöst	- Anlage nicht betriebsfähig	- Überlast - Kurzschluss - Drahtbruch
8	B	Motorschutzscharter Seitenkanalverdichter ausgelöst	- Anlage nicht betriebsfähig	- Überlast - Kurzschluss - Drahtbruch
9	B	Lichtvorhang unterbrochen	- Lichtvorhang kann nicht quitiert werden - Automatikbetrieb, Befehl Grundstellung und Rundtaktisch drehen nicht möglich	- Sensor Lichtvorhang verschmutzt - Drahtbruch
10	S	Luftdruck liegt nicht an	- Pneumatik bedienen nicht möglich - Automatikbetrieb startet nicht	- externe Luftdruckversorgung nicht angeschlossen - Luftaufbereitungsventil fehlerhaft - Drahtbruch
11	S	Blaslanze Station 2 blockiert	- Anlage nicht betriebsfähig - Ventile zurückgesetzt	- Ventil wird durch etwas blockiert - Ventil benötigt zu viel Zeit zum Ausfahren - Drahtbruch
12	S	Blaslanze Station 3 blockiert	- Anlage nicht betriebsfähig - Ventile zurückgesetzt	- Ventil wird durch etwas blockiert - Ventil benötigt zu viel Zeit zum Ausfahren - Drahtbruch
13	S	Druckluft-Düsenvorschub vertikal blockiert	- Anlage nicht betriebsfähig - Ventile zurückgesetzt	- Ventil wird durch etwas blockiert - Ventil benötigt zu viel Zeit zum Ausfahren - Drahtbruch

14	S	Druckluft-Düsenvorschub horizontal Station 2 blockiert	<ul style="list-style-type: none"> - Anlage nicht betriebsfähig - Ventile zurückgesetzt 	<ul style="list-style-type: none"> - Ventil wird durch etwas blockiert - Ventil benötigt zu viel Zeit zum Ausfahren - Drahtbruch
15	S	Druckluft-Düsenvorschub horizontal Station 3 blockiert	<ul style="list-style-type: none"> - Anlage nicht betriebsfähig - Ventile zurückgesetzt 	<ul style="list-style-type: none"> - Ventil wird durch etwas blockiert - Ventil benötigt zu viel Zeit zum Ausfahren - Drahtbruch
16	S	Schwenkeinheit Kupplungshub Station 2 blockiert	<ul style="list-style-type: none"> - Anlage nicht betriebsfähig - Ventile zurückgesetzt 	<ul style="list-style-type: none"> - Ventil wird durch etwas blockiert - Ventil benötigt zu viel Zeit zum Ausfahren - Drahtbruch
17	S	Schwenkeinheit Kupplungshub Station 3 blockiert	<ul style="list-style-type: none"> - Anlage nicht betriebsfähig - Ventile zurückgesetzt 	<ul style="list-style-type: none"> - Ventil wird durch etwas blockiert - Ventil benötigt zu viel Zeit zum Ausfahren - Drahtbruch
18	S	Schwenkeinheit Schwenkantrieb Station 2 blockiert	<ul style="list-style-type: none"> - Anlage nicht betriebsfähig - Ventile zurückgesetzt 	<ul style="list-style-type: none"> - Ventil wird durch etwas blockiert - Ventil benötigt zu viel Zeit zum Ausfahren - Drahtbruch
19	S	Schwenkeinheit Schwenkantrieb Station 3 blockiert	<ul style="list-style-type: none"> - Anlage nicht betriebsfähig - Ventile zurückgesetzt 	<ul style="list-style-type: none"> - Ventil wird durch etwas blockiert - Ventil benötigt zu viel Zeit zum Ausfahren - Drahtbruch
20	S	Seitenkanalverdichter AUS	<ul style="list-style-type: none"> - Start Automatikmodus nicht möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Motorschutz ausgelöst - Drahtbruch
21	S	Luftaufbereitung AUS	<ul style="list-style-type: none"> - Start Automatikmodus nicht möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Ventil wird durch etwas blockiert - Ventil benötigt zu viel Zeit zum Schalten - Drahtbruch
22	S	Abkühlung notwendig	<ul style="list-style-type: none"> - Anlage nicht betriebsbereit ↳ Nr. 4/5 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatur ist länger als eine Stunde erhöht gewesen - Drahtbruch

Tabelle 2-1: Fehlerliste

Anlage 2: Risikobeurteilung



Risikobeurteilung für die Anlage „Reinigungsstation für Wellen“

Projekt-Nr.: 756-004-15-000-00

Auftrags-Nr.: 4500422950

Auftragnehmer: SAV Automation GmbH
Leipziger Straße 29
09648 Mittweida
Tel.: +49 3727 9995-0
Fax: +49 3727 9995-346

erstellt am: 19.07.2016

Inhaltsverzeichnis

1	Bezeichnung der Anlage	16
2	Kunde/Auftraggeber	16
3	Risikobeurteilung	16
3.1	Festlegung der Grenzen der Maschine	16
3.1.1	Verwendungsgrenzen der Maschine	16
3.1.2	Räumliche Grenzen der Maschine	17
3.1.3	Zeitliche Grenzen der Maschine	17
3.2	Risikobeurteilung-Risikobewertung	18
4	Allgemeine Anmerkungen zur Risikobeurteilung	22
5	Bewertung der Risikobeurteilung	22
6	Dokumentation.....	23

1 Bezeichnung der Anlage

Reinigungsstation für Wellen

2 Kunde/Auftraggeber

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

3 Risikobeurteilung

3.1 Festlegung der Grenzen der Maschine

3.1.1 Verwendungsgrenzen der Maschine

Die Anlage ist für die Reinigung beziehungsweise Trocknung unterschiedlicher Wellen der Firma [REDACTED] konzipiert. Es sind nur die Werkstücktypen gemäß originaler Betriebsanleitung zu verwenden.

Die Beschickung der Maschine, mit den zu reinigenden Wellen, erfolgt manuell durch einen Bediener. Nachdem auf den Zustimmungstaster gedrückt wurde, startet die Reinigung mit der Drehung des Rundtakttisches. Ein Lichtvorhang gewährleistet, dass es dabei nicht zu Quetschungen der Hand kommt. Ist die Drehung abgeschlossen, werden in den hinteren beiden Stationen die Wellen gereinigt. Vorn kann man in dieser Zeit die nächste Welle einsetzen. Auf dem Bedienpanel besteht die Möglichkeit, zwei Blaslanzen zur Reinigung hinzuzufügen und die Anzahl der Reinigungszyklen zu bestimmen.

3.1.2 Räumliche Grenzen der Maschine

Die Station besteht aus einzelnen Komponenten, welche hinsichtlich ihrer Eigenschaften und Funktionen angeordnet sind. Die Reinigung findet in einer abgeschlossenen Arbeitskammer statt. Beschickt wird die Maschine in einem erweiterten Schutzbereich, der durch einen Lichtvorhang zugänglich ist. Die Anlage darf nur in geschlossenen und überdachten Räumen eingesetzt werden.

3.1.3 Zeitliche Grenzen der Maschine

Die Anlage ist unter Einhaltung aller Wartungsvorgaben des Ersthersellers für eine Nutzungsdauer von maximal 10 Jahren vorgesehen. Nach Ablauf dieses Zeitraumes ist die Anlage einer Generalüberholung durch den Erstherseller oder einen qualifizierten Fachbetrieb zu unterziehen. Erfolgt dies nicht, ist die Anlage durch den Betreiber aus dem Verkehr zu ziehen. Die Wartung der Anlage ist so durchzuführen, wie sie vom Erstherseller oder von den Lieferanten empfohlen wird (v.a. Wartung der Sicherheitstechnik).

3.2 Risikobeurteilung-Risikobewertung

Risikobeurteilung				Maschinentyp/Anlage: Reinigungsstation für Wellen Projekt-Nr.: 756-004-15-000-0				SAV Automation GmbH erstellt am: 19.07.2016					
Risikoanalyse							Risikobewertung						
Lebensphase	Gefahrensituation	Risiko/Gefahr	Ereignis oder Schutzziel	Risikoeinschätzung				konstruktive Maßnahme	technische Maßnahme	Instruktive Maßnahme			
				S	F	P	PL _r						
1, 2, 6, 7	Transport der Anlage	Quetschen, Umfallen	Wird die Anlage von einem Gabelstapler angehoben oder transportiert, kann es sein, dass die Anlage umfällt, wenn der Schwerpunkt nicht beachtet wurde. Hände und Füße sind beim Absetzen und Aufstellen der Quetschgefahr ausgesetzt.	2	1	1	c	Ringschrauben an Oberseite	nicht möglich	<ul style="list-style-type: none">Durchführung nur von entsprechendem geschultem PersonalHinweis zum Anhängen von Maschinenteilen nur entsprechend der Anhängervorschriftennicht unter der Last aufhaltenaußerhalb des Gefahrenbereichs bleiben			
Schadensausmaß (S)				Häufigkeit oder Dauer (F)		Möglichkeit zur Vermeidung (P)		Performance Level PL		Lebensphasen			
1 Leichte Verletzung	1 selten oder kurz	1 möglich unter bestimmten Bedingungen	a sehr gering	d groß	1 Transport, Verpackung	4 Einstellen, Wartung, Umrüsten							
2 schwere Verletzung, Tod	2 häufig bis dauernd	2 kaum möglich	b gering	e sehr groß	2 Montage, Inbetriebnahme	5 Instandsetzung							
			c mittel		3 Betrieb, Bedienung	6 Außerbetriebnahme, Demontage							
						7 Entsorgung							

Risikobeurteilung				Maschinentyp/Anlage: Reinigungsstation für Wellen Projekt-Nr.: 756-004-15-000-0				SAV Automation GmbH erstellt am: 19.07.2016									
Risikoanalyse					Risikobewertung												
Lebensphase	Gefahrensituation	Risiko/Gefahr	Ereignis oder Schutzziel	Risikoeinschätzung				konstruktive Maßnahme	technische Maßnahme	Instruktive Maßnahme							
				S	F	P	PLr										
2, 3, 4	Drehung des Rundtaktisches	Quetschen, Abscheeren, Fangen	Quetschungen der Hände durch Drehung des Rundtaktisches	2	2	1	d	<ul style="list-style-type: none">Schutzumhausung vor beweglichen Teilen der Maschine (Ausnahme Beladestation)	<ul style="list-style-type: none">Sicherheitslichtvorhang vor Beladestation	<ul style="list-style-type: none">Schulung des BedienpersonalsHinweis in originaler Betriebsanleitung							
2, 3, 4	Berührung von Anlagenkomponenten	Quetschen	Es kann zu Quetschungen der Finger oder Hand führen, wenn der Bediener/Einrichter von außen in den Arbeitsbereich der Station fasst.	2	1	1	c	<ul style="list-style-type: none">Schutzumhausung vor beweglichen Teilen der Maschine (Ausnahme Beladestation)erweiterter Schutzbereich vor Beladestation	<ul style="list-style-type: none">nicht möglich	<ul style="list-style-type: none">Schulung des Bedienpersonals							
Schadensausmaß (S)		Häufigkeit oder Dauer (F)		Möglichkeit zur Vermeidung (P)			Performance Level PL			Lebensphasen							
1 Leichte Verletzung	2 schwere Verletzung, Tod	1 selten oder kurz	2 häufig bis dauernd	1 möglich unter bestimmten Bedingungen	2 kaum möglich	a sehr gering	b gering	c mittel	d groß	e sehr groß	1 Transport, Verpackung	2 Montage, Inbetriebnahme	3 Betrieb, Bedienung	4 Einstellen, Wartung, Umrüsten	5 Instandsetzung	6 Außerbetriebnahme, Demontage	7 Entsorgung

Risikobeurteilung				Maschinentyp/Anlage: Reinigungsstation für Wellen Projekt-Nr.: 756-004-15-000-0				SAV Automation GmbH erstellt am: 19.07.2016			
Risikoanalyse					Risikobewertung						
Lebensphase	Gefahrensituation	Risiko/Gefahr	Ereignis oder Schutzziel	Risikoeinschätzung				konstruktive Maßnahme	technische Maßnahme	Instruktive Maßnahme	
				S	F	P	PLr				
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	Berührung von Anlagenkomponenten	Stromschlag	bei Berührung elektrischer Teile	2	2	1	d	elektrische Teile nach DIN angeschlossen Schutz durch Schutzleiter	nicht möglich	Schulung des Bedienpersonals	
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	Öffnen des Schaltschranks	Stromschlag	bei Berührung elektrischer Teile	2	2	1	d	Schutz durch geerdete Umhausung zum Öffnen Spezialschlüssel erforderlich	nicht möglich	Schaltschrank vorher in stromlosen Zustand versetzen Schulung des Bedienpersonals	
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	Berührung von außenliegenden Anlagenteilen	Stoßen, Schneiden	bei Berührung mit scharfen Kanten oder Ecken	1	2	1	b			Schulung des Bedienpersonals	

Schadensausmaß (S)	Häufigkeit oder Dauer (F)	Möglichkeit zur Vermeidung (P)	Performance Level PL	Lebensphasen	
1 Leichte Verletzung	1 selten oder kurz	1 möglich unter bestimmten Bedingungen	a sehr gering	1 Transport, Verpackung	4 Einstellen, Wartung, Umrüsten
2 schwere Verletzung, Tod	2 häufig bis dauernd	2 kaum möglich	b gering	2 Montage, Inbetriebnahme	5 Instandsetzung
			c mittel	3 Betrieb, Bedienung	6 Aulabnahme, Demontage
			d groß		7 Entsorgung

Risikobeurteilung				Maschinentyp/Anlage: Reinigungsstation für Wellen Projekt-Nr.: 756-004-15-000-0				SAV Automation GmbH erstellt am: 19.07.2016			
Risikoanalyse						Risikobewertung					
Lebensphase	Gefahrensituation	Risiko/Gefahr	Ereignis oder Schutzziel	Risikoeinschätzung			konstruktive Maßnahme	technische Maßnahme	Instruktive Maßnahme		
				S	F	P				PLr	
3,4,5	Lärmeinwirkung durch Pneumatik-Elemente und den Seitenkanalverdichter auf das Personal	mögliche Hörschäden	hoher Schallpegel von pneumatischen Anlagen und dem Seitenkanalverdichter	1	2	1	b	Einsatz von Schalldämpfern an Ventilen		<ul style="list-style-type: none">GehörschutzSchulung des BedienpersonalsDurchführung von Wartungs- und Reparaturarbeiten nur durch geschultes PersonalGefahrenhinweise in originaler Betriebsanleitungregelmäßige Arbeitschutzbelehrungen	
Schadensausmaß (S)		Häufigkeit oder Dauer (F)		Möglichkeit zur Vermeidung (P)		Performance Level PL		Lebensphasen			
1 Leichte Verletzung	1 selten oder kurz	1 möglich unter bestimmten Bedingungen	a sehr gering	d groß	1 Transport, Verpackung	4 Einstellen, Wartung, Umrüsten					
2 schwere Verletzung, Tod	2 häufig bis dauernd	2 kaum möglich	b gering c mittel	e sehr groß	2 Montage, Inbetriebnahme	5 Instandsetzung					
					3 Betrieb, Bedienung	6 Außerbetriebnahme, Demontage					
						7 Entsorgung					

4 Allgemeine Anmerkungen zur Risikobeurteilung

Das Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) regelt u.a. das Inverkehrbringen von Produkten. Demnach ist „Inverkehrbringen“ jedes Überlassen eines Produktes an einen anderen, unabhängig davon, ob es neu, gebraucht, wiederaufgearbeitet oder wesentlich verändert worden ist.

Wird eine Maschine nach der beschriebenen Definition „Inverkehr“ gebracht, muss sie als neue Maschine angesehen werden und der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG entsprechen.

5 Bewertung der Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung der Fa. SAV Automation GmbH hat ergeben, dass unter Einhaltung aller allgemeinen und aller o.g. Sicherheitsrichtlinien durch den Betrieb der Anlage keine außergewöhnlichen Gefährdungen zu erwarten sind. Eine Bewertung von Umbaumaßnahmen an der Anlage entfällt, da es sich um eine Erstinverkehrbringung handelt. Die an der Anlage verwendeten Komponenten entsprechen den heutigen sicherheitstechnischen Anforderungen.

Die in der Risikobeurteilung aufgestellten technischen Sicherheitsmaßnahmen werden durch die SAV Automation GmbH fachgerecht umgesetzt. Die angeführte notwendige Schutzeinhausung ist Lieferanteil der Fa. SAV. Weiterleitung, Einhaltung und Überwachung der notwendigen instruktiven Sicherheitsmaßnahmen obliegt dem Auftraggeber. Die notwendigen instruktiven Sicherheitsmaßnahmen werden durch die SAV Automation GmbH vollumfänglich in der Maschinendokumentation festgehalten und dem Auftraggeber auf diesem Wege offen gelegt.

6 Dokumentation

Dokument:	erforderlich (ja/nein)	vorhanden (ja/nein)
Gefahrenanalyse	ja	ja
Maschinendokumentation	ja	ja

Mittweida, den 02.08.16

Anlage 3: Praxisbericht



PRAXISBERICHT

Herr
Maurizio Preußing

**Erstellung eines Steuerungs-
konzeptes einer Reinigungs-
station für Wellen**

Fakultät: Ingenieurwissenschaften

Praxisbericht

Erstellung eines Steuerungs- konzeptes einer Reinigungs- station für Wellen

Autor:
Herr Maurizio Preußing

Studiengang:
Mechatronik

Seminargruppe:
ME13w1-B

Erstprüfer:
Prof. Dr.-Ing. Swen Schmeißer

Zweitprüfer:
Dipl.-Ing. Jessica Hoge

Einreichung:
Mittweida, 23.05.2016

Faculty of Engineering Sciences

Practice Report

Creating a control concept of a cleaning station for shafts

author:

Mr. Maurizio Preußing

course of studies:

Mechatronics

seminar group:

ME13w1-B

first examiner:

Prof. Dr.-Ing. Swen Schmeißer

second examiner:

Dipl.-Ing. Jessica Hoge

submission:

Mittweida, 23.05.2016

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	III
1 Einleitung.....	1
2 Firmenbeschreibung.....	2
2.1 SAV-Group.....	2
2.2 SAV Automation.....	4
3 Aufgabenstellung.....	5
3.1 Die Reinigungsstation	5
3.2 Anforderungen an das Programm	6
3.2.1 Automatikbetrieb	7
3.2.2 Einrichtbetrieb.....	8
3.2.3 Bedienpanel.....	8
4 Vorstudie	10
4.1 Hardware	10
4.2 Software.....	11
5 Konzeptentwurf.....	12
5.1 Testszenario 1: Automatikmodus	13
5.2 Testszenario 2: Not-AUS.....	15
5.3 Testszenario 3: Home-Befehl	17
6 Fazit.....	19
Literaturverzeichnis	IV
Eigenständigkeitserklärung	VI

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Produktgruppen Umsatzanteile der SAV-Group.....	3
Abbildung 2: Firmenstandort Mittweida	4
Abbildung 3: Modell Reinigungsstation	5

Tabellenverzeichnis

Struktogramm 1: Start – Automatikbetrieb	13
Struktogramm 2: Not-AUS	15
Struktogramm 3: Home-Befehl	17
Tabelle 1: Start – Automatikbetrieb – Ausgänge	14
Tabelle 2: Start – Automatikbetrieb – Eingänge	14
Tabelle 3: Not-AUS – Ausgänge	16
Tabelle 4: Not-AUS – Eingänge	16
Tabelle 5: Home-Befehl – Ausgänge	18
Tabelle 6: Home-Befehl – Eingänge	18

1 Einleitung

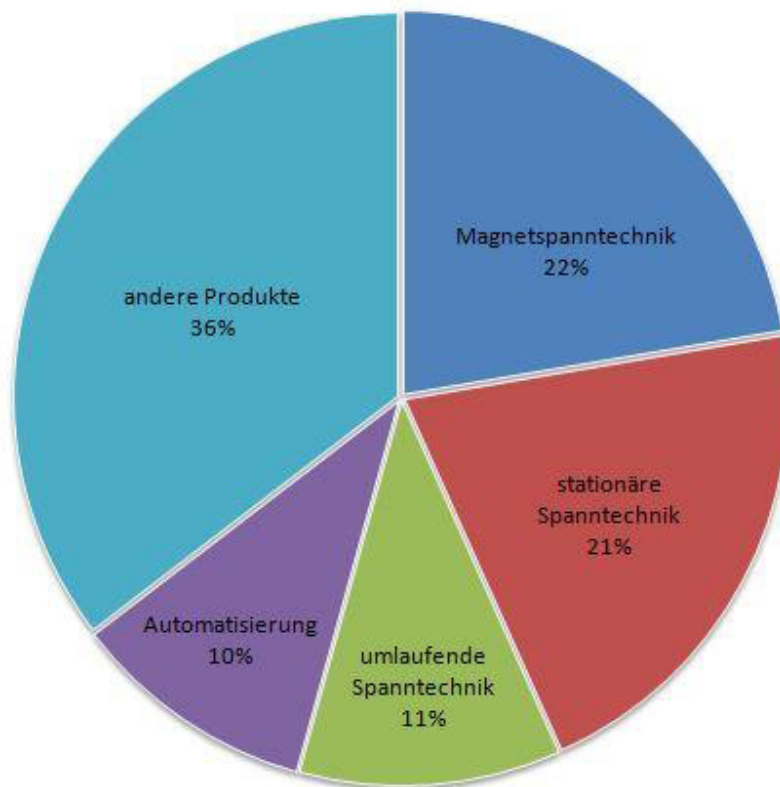
Effizienz und Produktivität waren schon immer von hohem Wert für die Industrie, weshalb die Automatisierung von Produktionsprozessen auch in Zukunft eine große Rolle spielen wird. Fertigungsabläufe, welche monoton und mit systematischen Einflüssen auf das System ablaufen, sind am besten geeignet für den Einsatz autonom arbeitender Maschinen. Um äußere unsystematische Umwelteinwirkungen so gering wie möglich zu halten, befindet sich das System meist in einer Halle und ist zudem durch Abdeckungen beziehungsweise Verkleidungen geschützt. Im Streben dem Menschen gefährliche oder schwere Arbeiten abzunehmen, bedient man sich ebenfalls der Automatisierung. Es wird eine höhere Produktivität und Maßhaltigkeit gewährleistet, da die Maschinen im Vergleich zum Menschen wesentlich genauer sind und zudem länger und schneller arbeiten können.

2 Firmenbeschreibung

Die *SAV-Automation GmbH* ist ein Mitglied der *SAV-Group*, welche Spann-, Automations- und Lasthebesysteme produziert und liefert. Der Hauptsitz der Firmengruppe befindet sich in Nürnberg. Des Weiteren hat sich die SAV in Mittweida, Göppingen, den Niederlanden, Frankreich, Polen und der Tschechischen Republik niedergelassen. (vgl. SAV-Group 2014b)

2.1 SAV-Group

Die SAV ist 1980 als „Garagenunternehmen“ in Nürnberg gegründet worden, welches auf magnetische Spannsysteme und Kleinmagnete spezialisiert war. Im Laufe der Wachstumsphase wurde 1994 die Niederlassung *SAV-Mittweida* ins Leben gerufen und 2009 um die *SAV-Automation*, die sich mit Prozessautomatisierung befasst, erweitert. Zu Beginn des Jahres 2015 übernahm die in Österreich ansässige *Tyrol Equity AG* die *SAV-Gruppe*. Weitere Mitglieder der AG sind die *RSN SIHN GmbH*, die *Eisbär Sportmoden GmbH* und die *BBS GmbH*. Heute beschäftigt die *SAV-Group* in Deutschland über 250 Mitarbeiter (Stand: 2016). Die SAV beliefert viele bekannte Firmen – unter anderem Audi, Continental, Daimler und ThyssenKrupp.

Abbildung 1: Produktgruppen Umsatzanteile der SAV-Group

Eigene Darstellung, in Anlehnung an: SAV Firmenpräsentation 2016

Laut Firmenpräsentation betrug der Umsatz im Jahr 2015 29,1 Mio. € (vgl. SAV-Group 2016). Nach wie vor spielen die Spann- und Magnettechnik einen großen Anteil des Gewinnes ein, doch der Anteil der Automatisierung nimmt stetig zu. Infolge einer Firmenumstrukturierung wird die Produktion von Standardprodukten nur noch eingeschränkt ausgeführt, während man den Sonderaufträgen mehr Beachtung schenkt. Ebenfalls als Folge der Umstrukturierung der SAV wird die Produktion aus Nürnberg nach Mittweida verlagert. Ab August 2016 werden die deutschen Gruppenmitglieder der SAV unter dem einheitlichen Namen *SAV GmbH* geführt. (vgl. Spitzner 2016)

2.2 SAV Automation

Die *SAV-Automation* stellt autonome Anlagen her, welche meist mehrere Arbeitsprozesse vereinen. Ein Standardprodukt ist der Palettenwechsler. Er ist dafür konzipiert vor allem in Nacht- und Wochenendschichten mannlos zu arbeiten, um technologische Prozesse zu unterstützen. Diese sind beispielsweise Fräsen, Drehen und Erodieren. (vgl. SAV-Group 2014a)

Abbildung 2: Firmenstandort Mittweida



Eigene Darstellung

In der *SAV-Automation* sind ungefähr 20 Mitarbeiter tätig. Hand-in-Hand mit diesen arbeitet die *SAV-Mittweida* in einem Haus zusammen. Dadurch ist es möglich Produktentwicklungszyklen wie Herstellung und Programmierung parallel ablaufen zu lassen. Dies spart Zeit, da sie sonst nacheinander ausgeführt werden müssten und eventuelle nachträgliche Änderungen nicht sofort umgesetzt werden könnten. (vgl. Spitzner 2016)

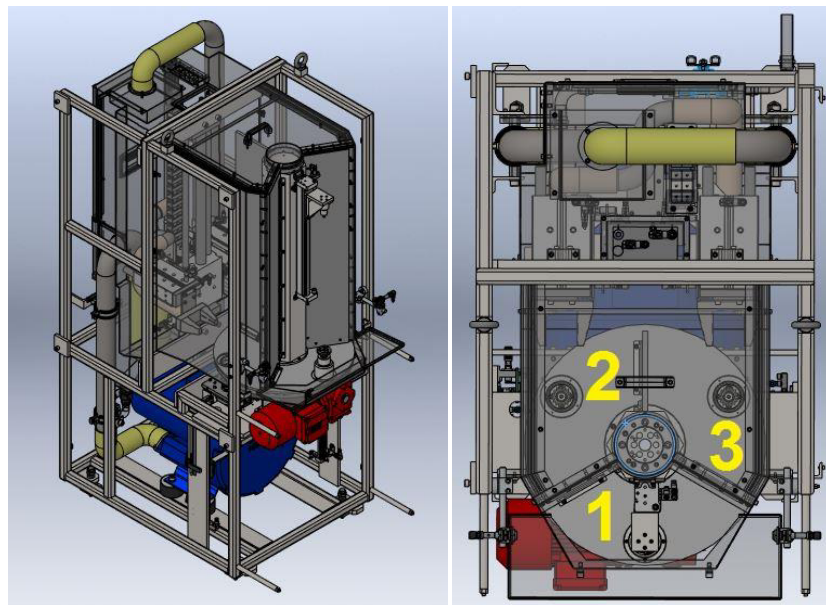
3 Aufgabenstellung

Das Thema dieser Arbeit ist die Erstellung eines Steuerungskonzeptes für eine Reinigungsstation von Wellen. Dieses Kapitel beschreibt den Aufbau der Station und die Vorgaben an das Projekt.

3.1 Die Reinigungsstation

Die Station besteht im Allgemeinen aus einem Schaltschrank, einem Rundtakttisch mit dazugehörigem Motor, einem Luftaufbereitungssystem für die Blaslanzen und einem Seitenkanalverdichter, der die Druckluft für die Pneumatik und das Gebläse der Düsen bereitstellt. Der Rundtakttisch ist in drei Abschnitte unterteilt, im Folgenden als Stationen bezeichnet (siehe Abbildung 3). An Station 1 findet die manuelle Beschickung mit Wellen durch einen Bediener statt. Ein Lichtvorhang sichert ab, dass es nicht zu Verletzungen während der Bedienung kommt. In den Stationen 2 und 3 werden die Wellen automatisch simultan abgeblasen. Pro Station ist jeweils eine optional zu verwendende Blaslanze dazu zuständig, welche von unten in die Welle einfährt. Zudem sorgen Druckluftdüsen, die auf einer gemeinsamen vertikalen Achse geführt werden, jedoch einen separaten, horizontalen Vorschub besitzen, für die Reinigung von außen. Da die Vorgänge in den Stationen 2 und 3 absolut identisch sind, ist im Nachfolgenden immer der Ablauf an beiden Stationen gemeint.

Abbildung 3: Modell Reinigungsstation



Quelle: Eigene Darstellung
in Anlehnung an: CAD-Modell Reinigungsstation, SAV-Automation, 2016

3.2 Anforderungen an das Programm

Das Ziel dieses Projektes ist es die Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) einer Reinigungsstation für Wellen zu programmieren, damit dem Kunden ein sicherer Betrieb gewährleistet werden kann. Dazu entnimmt man zuerst weitestgehend dem Stromlaufplan die nötigen Informationen. Am wichtigsten hierbei ist die Belegung und Bedeutung der Ein- und Ausgänge der SPS zu ermitteln und sie in die Symboltabelle zu übertragen. Außerdem ergeben sich aus dem Plan die Hardwarekonfiguration und die Logikverknüpfungen, die elektrotechnisch bereits umgesetzt wurden und somit nicht zwingend über die SPS erneut programmiert werden müssen.

Zur Strukturierung des Programmcodes oder der Paneloberfläche wurde vom Kunden nichts vorgegeben. Es ist also nur auf ein im Allgemeinen benutzerfreundliches Erscheinungsbild zu achten. Bei Erstellung des Programms wird versucht jegliche Situationen, welche den Bediener oder die Maschine gefährden könnten, vorausszusehen und für solche Fälle eine entsprechende Sicherung für diesen Fall einzubauen. Um eine grundlegende, von Software unabhängige Sicherheitsstufe zu gewährleisten, werden das Lichtgitter (wenn Einrichtschalter am Schaltschrank aus) und der Not-AUS Schalter hardwaretechnisch so geschaltet, dass die Auslösung eines von beiden sofort zum Abschalten der Steuerspannung führt. Die Versorgungsspannungen, Motorschutzschalter und Temperaturen der Motoren werden so in das Programm integriert, dass sie zu jeder Zeit gegeben sein müssen, sonst lässt sich keine Bewegung der Station erwirken. Auf die weiteren softwaretechnischen Sicherheitsvorkehrungen wird nachfolgend bei den Betriebsarten eingegangen.

3.2.1 Automatikbetrieb

Nach Betätigen des Startknopfes an der Station und gegebener Startfreigabe (inklusive geschlossenem Lichtvorhang) wird der Seitenkanalverdichter eingeschaltet. Bei angeählter Blaslanze wird auch die zugehörige Luftaufbereitung zugeschaltet. Danach dreht sich der Rundtaktisch um ein Drittel weiter. Erreicht der Tisch Nocken 1 setzt die Bremse ein, doch aufgrund der Trägheit wird er erst bei Nocken 2 zum Stehen kommen. Nach Beendigung dieses Vorganges kann bereits das nächste Teil gewechselt beziehungsweise eingesetzt werden. Währenddessen werden die Wellen gereinigt, indem sie durch Blaslanzen von innen und durch Druckluftdüsen von außen abgeblasen werden. Sobald der Rundtaktisch gedreht wurde, fahren die Druckluftdüsen horizontal und die Kupplungen für die Schwenkantriebe zum Drehen der Welle aus. Während der Auf- und Abwärtsbewegung der Düsen wird die Welle pneumatisch gedreht. Nach Beendigung der Reinigung fahren die Druckluftdüsen, die Blaslanze und die Kupplung wieder zurück, bevor der Tisch zur Drehung freigegeben wird.

3.2.2 Einrichtbetrieb

Der Einrichtbetrieb dient dazu einzelne Bestandteile des Systems separat bewegen zu können. Notwendig wird das zum Beispiel bei Wartungsarbeiten. Geprüft wird dabei nur noch auf die allgemeinen Systemvoraussetzungen (wie Motorschutzschalter, ...) und mögliche Kollisionen aufgrund fehlerhafter Bedienung. Um den Einrichtbetrieb nutzen zu können, muss er durch einen Schalter am Schaltschrank aktiviert werden, denn erst dieser schaltet den Lichtvorhang aus, welcher sonst bei Unterbrechung das System abschalten würde.

3.2.3 Bedienpanel

Das Bedienpanel dient als Ein- und Ausgabe Schnittstelle zwischen SPS und Bediener. Ausgegeben werden Fehlermeldungen und einige grafische Anzeigen zum Programmstatus. Vor allem bei Nutzung des Einrichtbetriebes ist das Panel als Eingabegerät gefragt, da sich die verschiedenen Einrichtmöglichkeiten schlecht durch einzelne physische Taster realisieren lassen.

Das Panel wird mehrere Bedienfenster erhalten:

- Startmenü
- Automatikmodus
- Einrichtbetrieb
- Fehlerliste

Startmenü-Fenster

Das Startmenü bietet dem Bediener die Wahl zwischen dem Automatikmodus und dem Einrichtmodus. Der Einrichtmodus weist einen Passwortschutz auf. Nur Nutzer, welche einer Nutzergruppe mit entsprechender Zugangsberechtigung angehören, können auf diese Oberfläche zugreifen. Ein Bediener mit Administratorrechten kann neue Personen den verschiedenen Gruppen zuweisen. Dies geschieht zum Teil in einer systemeigenen Oberfläche, die vom Startmenü aus aufgerufen werden kann.

Automatikmodus-Fenster

Das Fenster „Automatikmodus“ bietet vor allem eine grafische Unterstützung zur autonomen Reinigung, da die Bedienung des Systems durch einen physischen Taster erfolgt. Erst nach Abschluss der Reinigung wird es ermöglicht zum Hauptmenü zurückzukehren, ohne dass es eine unmittelbare Programmunterbrechung nach sich zieht. Dies soll unsachgemäßer Bedienung vorbeugen. Des Weiteren wird der laufende Prozess durch ein blinkendes Banner verdeutlicht.

Einrichtbetrieb-Fenster

Der Einrichtbetrieb wird mehrere Oberflächen umfassen, da aufgrund der Vielzahl an Schaltflächen nicht genügend Platz auf nur einem Fenster vorhanden ist. Schaltflächen existieren jeweils für die Ein- und Ausfahrbefehle einer Einheit. Die Fläche des Zustandes, welcher bereits umgesetzt ist, wird andersfarbig dargestellt.

Fehlerliste-Fenster

Die Fehlerliste speichert aufgetretene Fehler und stellt sie zur späteren Analyse zur Verfügung. Sie kann von jedem Fenster aus aufgerufen werden. Besteht ein Fehler, so wird er durch ein blinkendes Symbol neben der Schaltfläche angezeigt. Teilweise werden zusätzlich zu den Einträgen in die Fehlerliste im entsprechenden Fenster kurzzeitig Bedienerhinweise eingeblendet, welche die schnelle Behebung von kleineren Problemen ermöglichen sollen.

4 Vorstudie

4.1 Hardware

Die eingebaute CPU ist eine *SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP*, während die *SIMATIC HMI-Station KTP 400 Basic PN* mit Farbdisplay als Panel dient. Außerdem werden zwei Digitaleingabebaugruppen *SM 321 DI 32x24V DC 6ES7 321-1BL00-0AA0*, zwei Digitalausgabebaugruppen *SM 322 DO 32x24V DC/0,5A 6ES7 322-1BH01-0AA0* und zwei *ET 200eco DO 16xDC24V m. M12, 7/8"* verbaut. Das ergibt insgesamt 8 Eingangsbytes und 12 Ausgangsbytes. Ein Großteil davon dient als Reserve. Tatsächlich genutzt werden 35 Eingangs- und 26 Ausgangsbits. Der Vorteil der ET200 im Vergleich zur SM 322 ist, dass zwei verschiedene Signale über ein Kabel geschickt werden können. Das spart Material, rentiert sich aber nur für Empfänger mit zwei Zuständen. Auf diese Weise gelangen zum Beispiel die Signale Druckluft-Düsenvorschub vertikal einfahren/ausfahren über ein gemeinsames Kabel zum entsprechenden Ventil. Anfangs- und Endpositionen aller Pneumatikzylinder werden von induktiven Sensoren erfasst. Diese bilden den Hauptanteil einer Vielzahl an Sensoren, die benötigt werden, um einen möglichst fehlerfreien und sicheren Betrieb der Station gewährleisten zu können.

4.2 Software

Zur Programmierung des Prozessablaufes wird das *Simatic Step 7 Professional (TIA Portal)* verwendet. Dem Internetauftritt des Anbieters *Siemens* ist folgendes zu entnehmen:

„STEP 7 Professional das ultimative Engineering Werkzeug zum Projektieren und Programmieren aller SIMATIC Controller.“ (Siemens AG o.J.b)

Die weite Verbreitung dieser Software in Betrieben aller Welt spricht für diese Behauptung. Das *Totally Integrated Automation Portal* ist die Weiterentwicklung des *Simatic Managers*. Im Gegensatz zu diesem ist hier nämlich das Programm *Simatic Win CC Basic*, welches für Visualisierungsaufgaben am Panel gedacht ist, bereits mit enthalten. Als IEC konforme Programmiersprachen stehen Strukturierter Text (SCL), Kontaktplan (KOP), Funktionsplan (FUP), Anweisungsliste (AWL) und Schrittkettenprogrammierung (GRAPH) zur Verfügung. (vgl. Siemens AG o.J.c)

Die Netzwerk- und Gerätekonfiguration erfolgt über einen grafischen Editor. Zur Erstellung kann man zwischen der Netzwerk-, Geräte- und Topologiesicht wählen. Die Netzwerksicht dient der Konfiguration der Anlagenkommunikation und die Gerätesicht der Konfigurierung von Racks und Zuordnung von Adressen. Zur Systemdiagnose eignet sich die Topologiesicht, da man im Vergleich zur ähnlich aussehenden Netzwerksicht erkennt, ob Ports miteinander kommunizieren. (vgl. Siemens AG o.J.b)

Durch das *TIA-Portal V13* ist eine manuelle Projektierung nicht mehr nötig, denn die Diagnosefunktion gibt mit nur einem Klick automatisch Meldungen über anliegende Fehler aus. Auf diesem Weg können Fehler schnell erkannt und behoben werden. Des Weiteren kann man bis zu vier unabhängige Trace-Jobs erstellen, die in Echtzeit den gesamten Programmablauf visualisieren. Um Fehler zu vermeiden, besteht auch die Möglichkeit einen *„Online/Offline-Vergleich auf Bausteinebene“* (Siemens AG o.J.a) durchzuführen, oder sich den Betriebszustand oder die Diagnoseübersicht anzeigen zu lassen. (vgl. Siemens AG o.J.a)

Ebenfalls im TIA-Portal enthalten ist das *S7-PLCSIM*. Dieses Simulationsprogramm dient als Schnittstelle zum STEP 7-Anwenderprogramm. So wird dem Anwender ermöglicht seinen Programmcode ausführen zu lassen, ohne dabei mit einer „echten“ SPS verbunden zu sein. Außerdem bietet das Programm ein separates Fenster zum Ansteuern beziehungsweise Überwachen der Ein- und Ausgänge, Merker, Timer und anderen Programmelemente, ebenso wie dem Betriebszustand der simulierten Steuerung. (vgl. Siemens AG 2011)

5 Konzeptentwurf

Im Folgenden werden verschiedene Szenarien am Programm getestet. Dazu werden die allgemeinen Betriebsbedingungen, wie Motorschutzschalter oder Temperaturvorgaben, als erfüllt angenommen, indem sie in *PLCSIM* manuell gesetzt werden. Durch Protokollierung der Zustände der Ein- und Ausgänge der simulierten SPS wird das Programm auf seine Funktionstüchtigkeit geprüft. Es ist zu erwähnen, dass kontrolliert wird, ob ein Ventil nach Ansteuerung aus- beziehungsweise eingefahren wird. Dies geschieht durch Sensoren an den Endlagen. Würde der passende Eingang nicht kurz nach Ansteuerung des Ventils gesetzt, gäbe es eine Fehlermeldung und alle Ventilansteuerungen würden zurückgesetzt werden. Ebenso ist es seitens der Software nicht möglich ein Ventil gleichzeitig ein- und ausfahren zu lassen. Ein Befehl würde den anderen ersetzen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird in den folgenden Struktogrammen auf die Einbindung dieser beiden Features verzichtet.

5.1 Testszenario 1: Automatikmodus

In diesem Szenario wird angenommen, dass der Bediener im Automatikmodus mit angewählter Blaslanze den Reinigungsvorgang durch Drücken der START-Taste gestartet hat und alle nötigen Voraussetzungen gegeben sind, um den Tisch drehen zu lassen. Wenn er die Positionsnocken erreicht, hält der Tisch an, und die Reinigung beginnt. Genauer gesagt muss der Kupplungshub stattfinden und die Blaslanzen und Druckluftdüsen müssen ausgefahren werden.

Struktogramm 1: Start – Automatikbetrieb

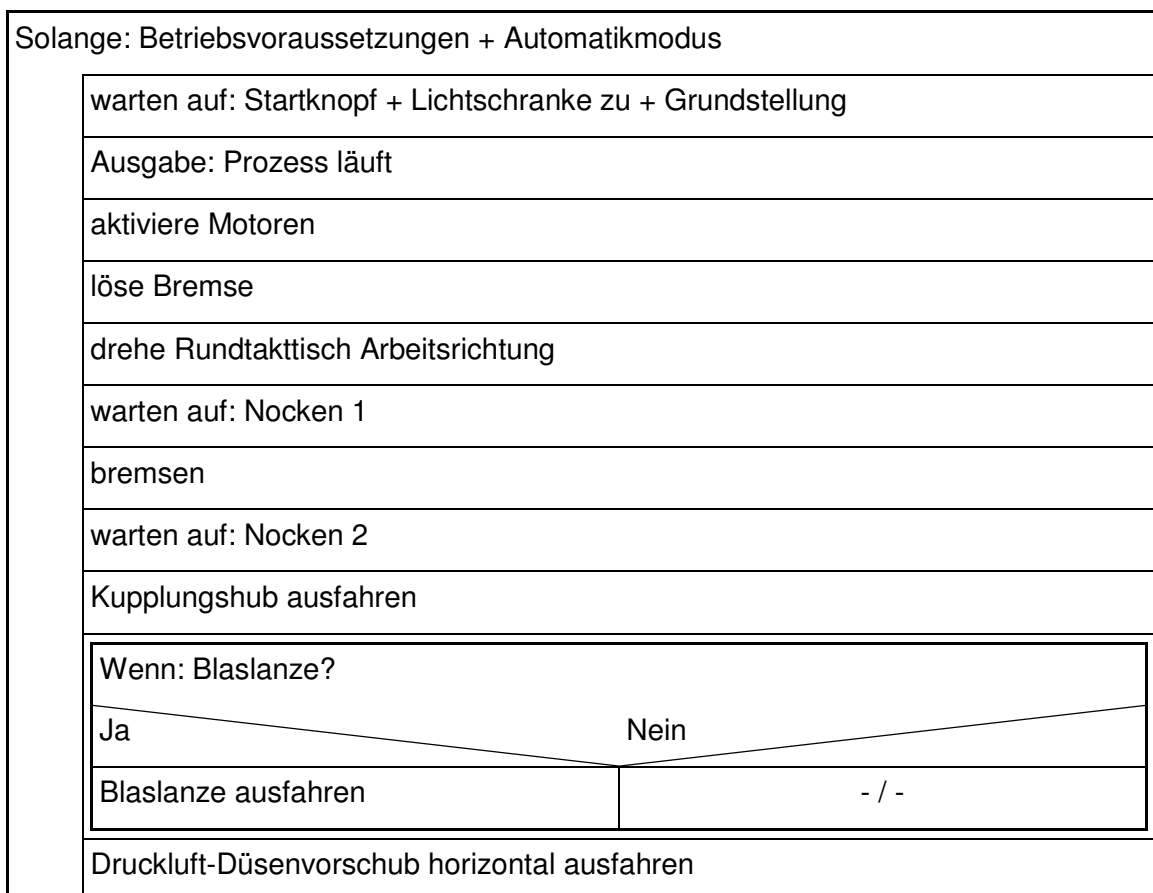


Tabelle 1: Start – Automatikbetrieb – Ausgänge

Ausgang	Zustand vor Test	erwarteter Zustand nach Test	tatsächlicher Zustand nach Test
Kupplungshub Station 2 ausfahren	0	1	1
Kupplungshub Station 3 ausfahren	0	1	1
Blaslanze Station 2 ausfahren	0	1	1
Blaslanze Station 3 ausfahren	0	1	1
Druckluft-Düsenvorschub horizontal Station 2 ausfahren	0	1	1
Druckluft-Düsenvorschub horizontal Station 3 ausfahren	0	1	1

Tabelle 2: Start – Automatikbetrieb – Eingänge

Eingang	benötigter Zustand vor Test	nötige Zustandsänderung?
allgemeine Betriebsvoraussetzungen	1	nein
Nocken1	0	ja
Nocken2	1	ja
Zustand der Ventile	Grundstellung	nein
Automatikmodus	1	nein
Einrichtbetrieb (Schaltschrank)	0	nein
Einrichtbetrieb (Panel)	0	nein

5.2 Testszenario 2: Not-AUS

Im zweiten Szenario wird angenommen, dass während der Reinigung der Welle der Not-AUS Schalter betätigt wird. SPS-seitig muss hierbei zunächst nichts unternommen werden, da aufgrund der Hardwareverschaltung die Steuerspannung bei Not-AUS nicht anliegt. Allerdings muss die Situation bedacht werden, wenn der Not-AUS Schalter wieder herausgezogen wird. Geplant ist hierbei, dass erst einmal „nichts“ passiert. Das bedeutet, weder die Steuerspannung geht an, noch werden irgendwelche Ventile geschaltet. Dies ist sehr wichtig und dient der Unfallvermeidung. Es wird im Einzelnen bei der Ansteuerung der Ventilzustände berücksichtigt. Das System würde wieder gestartet werden, wenn man beispielsweise den Einrichtmodus aufruft und „Grundstellung“ anwählt. In der Simulation wird der Not-AUS durch Rücksetzen des Einganges der Steuerspannung simuliert.

Struktogramm 2: Not-AUS

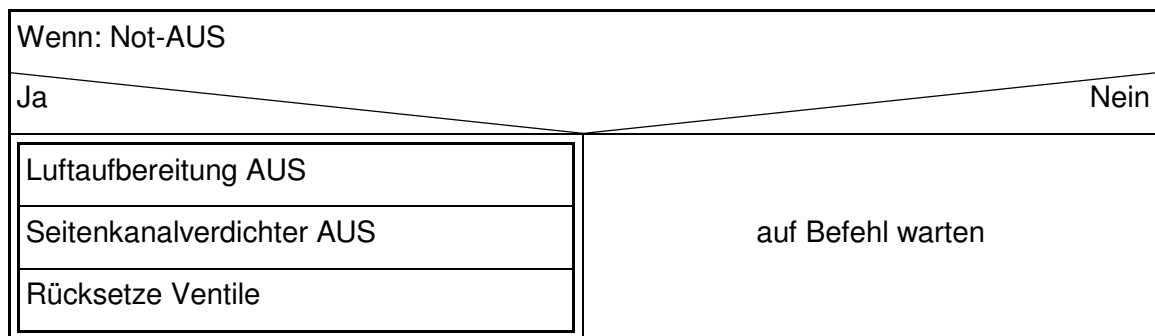


Tabelle 3: Not-AUS – Ausgänge

Ausgänge	Zustand vor Test	erwarteter Zustand nach Rücksetzen Not-AUS	tatsächlicher Zustand nach Rücksetzen Not-AUS
Seitenkanalverdichter EIN	1	0	0
Luftaufbereitung EIN	1	0	0
Anzahl Zustandsänderungen Ventile	-	0	0

Tabelle 4: Not-AUS – Eingänge

Eingänge	benötigter Zustand vor Test	nötige Zustandsänderung?
allgemeine Betriebsvoraussetzungen	1	ja (Steuerspannung)
Nocken1	beliebig	nein
Nocken2	beliebig	nein
Zustand der Ventile	beliebig	nein
Automatik-/Einrichtmodus	beliebig	nein

5.3 Testszenario 3: Home-Befehl

Der Home-Befehl soll das System in eine Stellung fahren, aus der es möglich ist den Automatikbetrieb wieder zu starten. Dies wird meistens nach Programmunterbrechungen notwendig. Für diesen Test wird simuliert, dass alle Druckluftventile angesteuert sind und der Tisch gezwungener Weise auf Nocken 2 steht. Nach Aktivierung der Schaltfläche „Grundstellung“ sollen alle pneumatischen Zylinder eingefahren werden. Zur Sicherheit wird erst die Bremse angezogen. Um Kollisionen zu vermeiden, werden erst die Druckluftdüse (horizontal und vertikal), die Blaslanze und der Schwenkantrieb auf Grundstellung geschaltet und im Anschluss wird der Kupplungshub gesenkt. Selbst wenn der Rundtaktisch verstellt sein sollte, würde er danach vorwärts auf den Nocken 2 bewegt werden. Das ist in diesem Beispiel aber nicht nötig.

Struktogramm 3: Home-Befehl

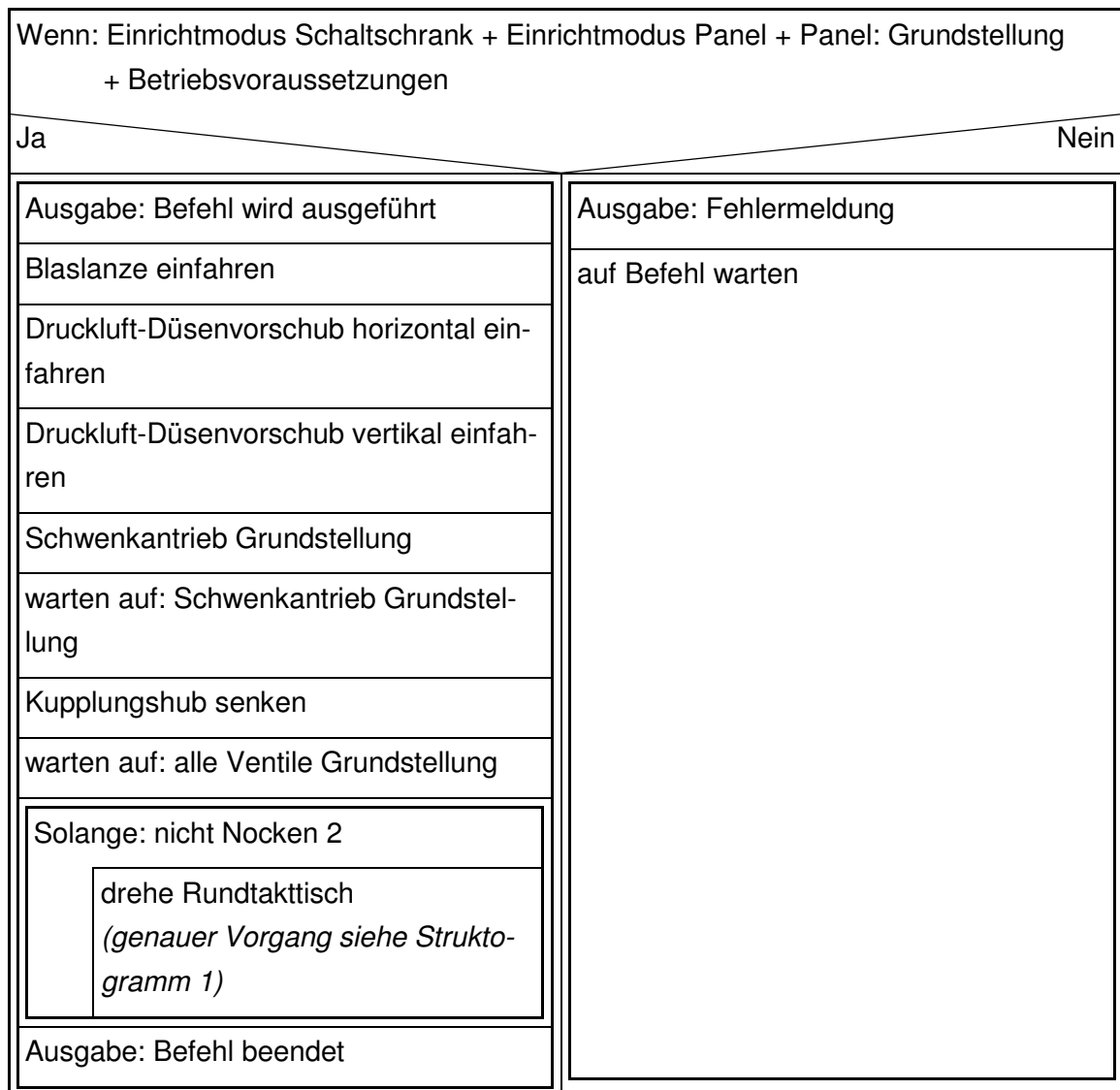


Tabelle 5: Home-Befehl – Ausgänge

Ausgang	Zustand vor Test	erwarteter Zustand nach Test	tatsächlicher Zustand nach Test
Blaslanze Grundstellung	beliebig	1	1
Kupplungshub Grundstellung	beliebig	1	1
Schwenkantrieb Grundstellung	beliebig	1	1
Druckluft-Düsenvorschub horizontal Grundstellung	beliebig	1	1
Druckluft-Düsenvorschub vertikal Grundstellung	beliebig	1	1
Bremse fest	beliebig	1	1

Tabelle 6: Home-Befehl – Eingänge

Eingänge	benötigter Zustand vor Test	nötige Zustandsänderung?
allgemeine Betriebsvoraussetzungen	1	nein
Nocken1	0	nein
Nocken2	1	nein
Zustand der Ventile	beliebig	ja, wenn nicht Grundstellung
Einrichtmodus (Panel)	1	nein
Einrichtmodus (Schaltschrank)	1	nein

6 Fazit

Die Grundstruktur des Programms eignet sich, um es später zur Steuerung der SPS zu nutzen, denn die Tests des Konzeptes liefern alle das gewünschte Ergebnis. Allerdings stößt man in der Simulation auch an Grenzen, welche dazu führen können, dass bei dem Praxistest an der Station trotzdem Fehler auftreten.

Die S7-PLCSIM-Hilfe schreibt dazu, dass die Ausgabewerte einiger SFBs und SFCs „[...] *nicht unbedingt denen entsprechen müssen, die eine echte S7-Steuerung mit physikalischen E/A ausgeben würde.*“ (Siemens AG 2011). Des Weiteren weist sie darauf hin, dass Änderungen, die in Unterfenstern eingegeben werden, augenblicklich in den Speicher übertragen werden und nicht erst am Zyklusende. (Siemens AG 2011)

Im Gegensatz zu einer echten SPS lässt sich der Programmablauf pausieren, damit der Tester die nötige Zeit hat, wie die SPS, Eingänge zeitgleich setzen zu können. Problematisch wird es jedoch, wenn das Projekt zu umfangreich wird und sehr viele Eingänge für den Ablauf der Simulation vom Programmierer gesetzt werden müssen. Geschieht das nicht mit hundertprozentiger Sicherheit, wird – je nach Programm – bei einer falschen Eingabe ein Fehlerprotokoll durchgeführt, was einen ungewollten Verlauf der Simulation hervorruft und man somit nicht das gewünschte Testergebnis erreicht. Deshalb wird das gesamte Verfahren der Simulation bei zu langen Testkonzepten schnell ineffektiv, wodurch sich einige Programmpunkte nur mit stark erhöhtem Zeitaufwand erreichen lassen würden.

Ein weiteres Hindernis der Simulation können Timer darstellen. In Anbetracht dessen, dass der Programmierer genügend Reaktionszeit zur Verfügung haben muss, um vor Schalten eines Timers wenigstens die Pause-Taste drücken zu können, eignen sich einige Prozesszeiten für die Simulation nicht und müssen somit extra verlängert werden. Alternativ zum automatischen Simulieren, könnte der Bediener die Zeiten auch von Hand setzen beziehungsweise rücksetzen, aber das würde den Umfang nochmals erhöhen. Zudem fiel im weiteren Umgang mit dem Simulationsprogramm auf, dass kurze Impulse von der virtuellen CPU nicht immer wahrgenommen werden. Deutlich wird dies vor allem bei Ausbleiben der Meldungen in der Fehlerliste. Wählt man einen längeren Impuls erscheinen die Fehler.

Unabhängig von den Möglichkeiten und Ergebnissen der Simulation werden an der fertigen Station vermutlich trotzdem noch einige Änderungen des Programms vonnöten sein. Da sich das System derzeit noch im Aufbau befindet, machen es nachträgliche, mechanische Änderungen wahrscheinlich, dass dem Programm noch eine Überarbeitung bevorsteht. Ebenso müssen einige Timer vielleicht anders eingestellt werden, da die Prozesszeiten der einzelnen Vorgänge ungewiss sind.

Literaturverzeichnis

- [SAV-Group(2014a)] SAV-Group (Hg.) (2014a): Automatisierungstechnik und Handlingsysteme.
- [SAV-Group(2014b)] SAV-Group (Hg.) (2014b): Spanntechnik, Automatisierungslösungen, Magnetisches Lastheben. Lösungen für Ihre Fertigung.
- [SAV-Group(2016)] SAV-Group (Hg.) (2016): SAV Firmenpräsentation 2016.
- [Siemens AG(2011)] Siemens AG (Hg.) (2011b): SIMATIC Engineering Tools S7-PLCSIM V5.4. Bedienhandbuch. Online verfügbar unter https://cache.industry.siemens.com/dl/files/828/54667828/att_110510/v1/s7wsvhda_de-DE.pdf, zuletzt geprüft am 16.05.2016.
- [Siemens AG(o.J.a)] Siemens AG (Hg.) (o.J.a): SIMATIC STEP 7 Professional (TIA Portal). Diagnose und Online. Effiziente Fehleranalyse, schnelle Inbetriebnahme und Reduzierung der Stillstandzeiten. Online verfügbar unter <http://www.industry.siemens.com/topics/global/de/tia-portal/controller-sw-tia-portal/simatic-step7-professional-tia-portal/diagnose/Seiten/Default.aspx>, zuletzt geprüft am 16.05.2016.
- [Siemens AG(o.J.c)] Siemens AG (Hg.) (o.J.c): SIMATIC STEP 7 Professional (TIA Portal). Die umfassendste Engineering Software verkürzt Time-to-Market. Online verfügbar unter <http://www.industry.siemens.com/topics/global/de/tia-portal/controller-sw-tia-portal/simatic-step7-professional-tia-portal/seiten/default.aspx>, zuletzt geprüft am 16.05.2016.

- [Siemens AG(o.J.b)] Siemens AG (Hg.) (o.J.b): SIMATIC STEP 7 Professional (TIA Portal). Netzwerk- und Gerätekonfiguration. Einfaches Anlegen und Parametrieren von Geräten; intuitives graphisches Vernetzen mit dem "Geräte & Netze"- Editor. Online verfügbar unter http://www.industry.siemens.com/topics/global/de/tia-portal/controller-sw-tia-portal/simatic-step7-professional-tia-portal/geraete-netze/Seiten/Default.aspx#Ger_c3_a4tesicht, zuletzt geprüft am 16.05.2016.
- [Spitzner(2016)] Spitzner, Ralph (2016): SAV-Group. Mittweida, 18.04.2016. Persönliches Gespräch an Maurizio Preußing.

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ort, Datum

Maurizio Preußing

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ort, Datum

Maurizio Preußing